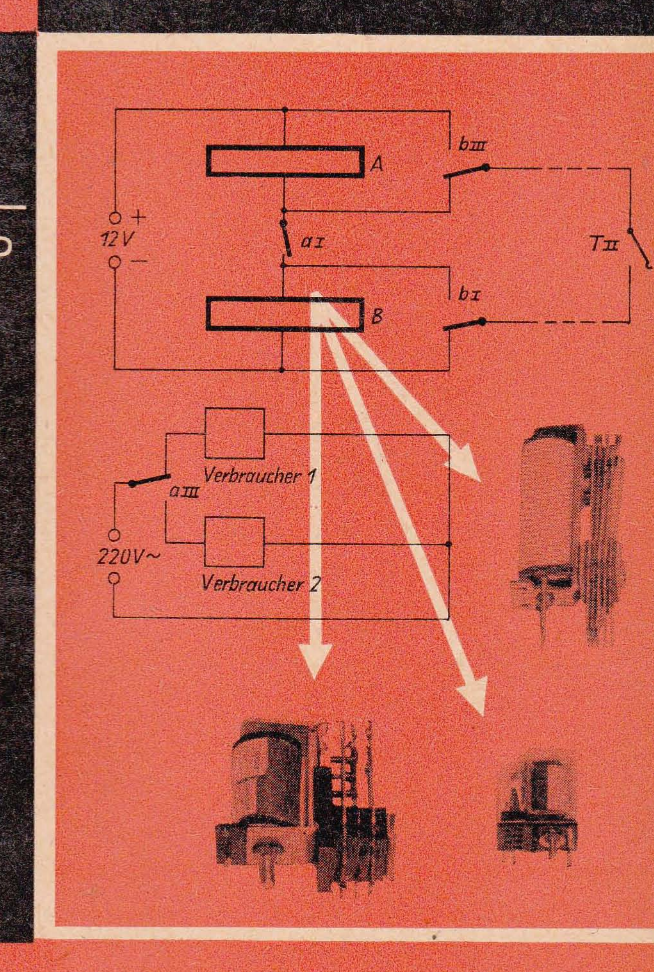
48

DER PRAKTISCHE FUNKAMATEUR



Dieter Franz

Relaisschaltungen für Bastler

Der praktische Funkamateur · Band 48

Relaisschaltungen für Bastler

DIETER FRANZ

Relaisschaltungen für Bastler



DEUTSCHER MILITÄRVERLAG

Redaktionsschluß: 22. Juni 1964

1.–10. Tausend
Deutscher Militärverlag, Berlin 1964
Lizenz-Nr. 5
Lektor: Sonja Topolov
Zeichnungen: Wilhelm Kaufmann
Vorauskorrektor: Ilse Fähndrich · Korrektor: Reinhold Herrmann
Hersteller: Günter Hennersdorf
Gesamtherstellung: I/16/01 Druckerei Märkische Volksstimme, Potsdam
EVP: 1,90 MDN

Inhaltsverzeichnis

Vorwort

Die vorliegende Broschüre soll Amateure und Bastler mit den vielfältigen Anwendungsmöglichkeiten von Relais vertraut machen. Die Praxis zeigt immer wieder, daß selbst versierte Funkamateure sich nur schwer in einfache Relaisschaltungen hineindenken können. Ihnen ist es geläufig, den Weg eines Signals in Sender-, Empfänger- und Verstärkerschaltungen ohne Schwierigkeiten zu verfolgen, auch wenn es auf diesem Wege verschiedenen Veränderungen unterliegt. Doch gibt beispielsweise eine Relaisschaltung, in der die Kontakte eines einzigen Relais etwa an sechs verschiedenen Stellen der Schaltung zu finden sind, den meisten Funkamateuren eine harte Nuß zu knacken.
Die daraus herrührende Abneigung gegen Relaisschaltungen von seiten vieler Funkamateure leistet der weitverbreiteten Meinung Vorschub, das Relais sei ein „veraltetes" Bauelement, und man benutze es nur noch dort, wo es sich nun einmal nicht umgehen lasse (zum Beispiel im Kollektorkreis von Transistoren bei Dämmerungsschaltern, Blinklichtgebern usw.).
So sind augenblicklich viele einfache Relaisschaltungen mit einem oder zwei, allenfalls drei Relais in Vergessenheit geraten, und an ihre Stelle setzt der Funkamateur aufwendige Röhren- und Transistorschaltungen.
Die in diesem Heftchen enthaltenen Schaltungsbeispiele und notwendigen grundsätzlichen Betrachtungen sollen dem Amateur helfen, viele seiner Aufgabenstellungen in Zukunft einfacher und besser zu lösen.
Der Autor hofft, in diesem Sinne einen kleinen Beitrag zur Aufhebung des ungerechtfertigten Relais-„Boykotts" geleistet zu haben.

Eberswalde, im Mai 1964

Dieter Franz

1. Arten und Zweckbestimmung der Relais

Das Wort „Relais" stammt aus dem Französischen und bedeutet Zwischenstation oder Wechselstelle. Wie viele Wörter hat es in den vergangenen Jahrhunderten eine Aussageveränderung erfahren.
Ursprünglich war das Relais ein Umspannposten, wo man Reit- und Wagenpferde wechselte. Dieser Wortsinn ist fast völlig untergegangen, seit die Elektrotechnik sich diesen Begriff zu eigen gemacht hat.
Relais sind meist Elektromagneten, die beim Stromdurchfluß mittels beweglichem Anker Kontakte betätigen. Die Kontakte wiederum öffnen oder schließen andere Stromkreise. Ein Relais wird je nach Anzahl der auf dem Elektromagneten befindlichen Wicklungen von einem oder mehreren Stromkreisen gesteuert und beeinflußt je nach Anzahl der aufgesetzten Kontakte einen oder mehrere Stromkreise. Relais bieten uns also die Möglichkeit, mit einer sehr geringen elektrischen Leistung mehrere und größere elektrische Leistungen zu steuern. In dieser Aufgabenstellung finden wir eine gewisse Parallele zu der ursprünglichen Bedeutung dieses Wortes. So, wie bei den Umspannposten vom langen Ritt erschöpfte Pferde durch frische ersetzt wurden, gibt uns das elektrische Relais die Möglichkeit, „schwache" Spannungen und Ströme in starke umzu„tauschen".
Bei näherer Betrachtung wird man feststellen, daß Röhren und Transistoren eine ähnliche Aufgabe erfüllen. Die nachfolgende Gegenüberstellung von Röhre, Transistor und Relais soll dem Bastler eine erste Antwort auf die Frage nach dem zweckmäßigsten Einsatz dieser drei Bauelemente bei auftretenden Schaltungsproblemen geben. Die erreichbare Schaltfrequenz ist bei Röhren sehr hoch, bei Transistoren hoch und bei Relais sehr gering, da hier die Schaltung auf mechanischem Wege erfolgt. Selbst die besten Telegrafen-

relais erreichen nicht über 150 Hz Schaltfrequenz. Das ist der nahezu einzige, allerdings auch bedeutende Nachteil des Relais.

Demgegenüber stehen einige Vorteile, die dem Bastler die Möglichkeit geben, Relais bei bestimmten Schaltaufgaben vorteilhafter als Röhren und Transistoren einzusetzen:

– Mit Relais ist die Schaltung mehrerer Stromkreise gleichzeitig möglich. Mit Röhren und Transistoren kann nur ein Stromkreis geschaltet bzw. beeinflußt werden.
– Mit Relais können verhältnismäßig einfach große Leistungen geschaltet werden. Röhren und Transistoren werden durch die bei höheren Leistungen erforderlichen Kühlungsmaßnahmen außerordentlich kostspielig.
– Der Widerstand des offenen Kontaktes ist bei einem Relais nahezu unendlich, so daß der gesteuerte Stromkreis absolut stromlos wird. Demgegenüber beträgt der innere Widerstand von Röhren im gesperrten Zustand nur einige Megohm, der von Transistoren hin und wieder sogar einige Kiloohm (exemplarabhängig!).
– Die maximal erreichbaren Spannungs- und Stromverstärkungen liegen bei Relais bedeutend höher als bei Röhren und Transistoren (Spannung bis 10^5fach; Strom bis 10^4fach).
– Steuer- und Verbraucherkreis sind bei Röhre und Transistor einpolig verkoppelt, beim Relais jedoch galvanisch getrennt (Rückwirkungserscheinungen also bei Relais ausgeschlossen).

Das Relais findet dementsprechend weitgehend Anwendung in Schalt-, Steuer-, Alarm- und Regeleinrichtungen der verschiedensten Art. Besonders in Fernsprech- und Fernschreibanlagen ist es nicht mehr wegzudenken. So benötigt z. B. ein Fernsprechamt für 10 000 Teilnehmer 36 000 Relais und 13 100 Wähler.

Der Bastler wird das Relais überall dort vorteilhaft einsetzen, wo die direkte Schaltung eines Stromkreises erheblichen Aufwand erfordert (z. B. Fernschaltungen) oder wo eine Vielzahl von Stromkreisen in einfacher Form gleichzeitig geschaltet werden soll.

Nach Betriebs- und Verwendungsweise unterscheiden wir:

- neutrale und polarisierte Relais,
- Gleich- und Wechselstromrelais,
- unverzögerte, ansprechverzögerte und abfallverzögerte Relais.

Diese Begriffe werden im Rahmen der Broschüre erläutert. In der Fachliteratur findet man des öfteren das Wort „Schütz"; darunter verstehen wir ein Starkstromrelais. Da in der DDR gegenwärtig etwa 100 verschiedene Relaistypen gefertigt werden, können hier nur die wichtigsten einer kurzen Betrachtung unterzogen werden.

1.1. Rund- und Flachrelais

Mit den beiden in Bild 1 gezeigten Relaistypen wird der Praktiker vorwiegend arbeiten. Beide sind sogenannte neutrale Relais; beider Wirkungsweise liegen die Gesetze des Elektromagnetismus zugrunde; beide lassen sich grundsätzlich zur Lösung der gleichen Schaltaufgaben einsetzen. Unterschiedlich ist lediglich der Aufbau.

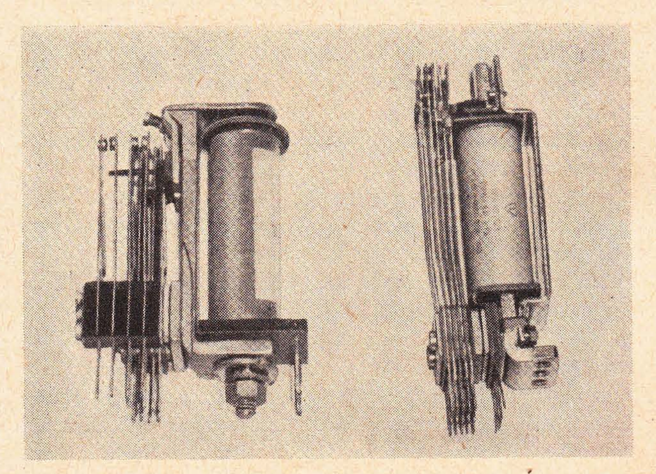


Bild 1 Rund- und Flachrelais

Aus Bild 2 ersehen wir den prinzipiellen Aufbau eines Rundrelais. Kern, Joch und Anker bestehen aus Weicheisen. Das Joch ist fest auf den Kern aufgetrieben und wird durch eine Mutter gesichert, um einen guten magnetischen Schluß

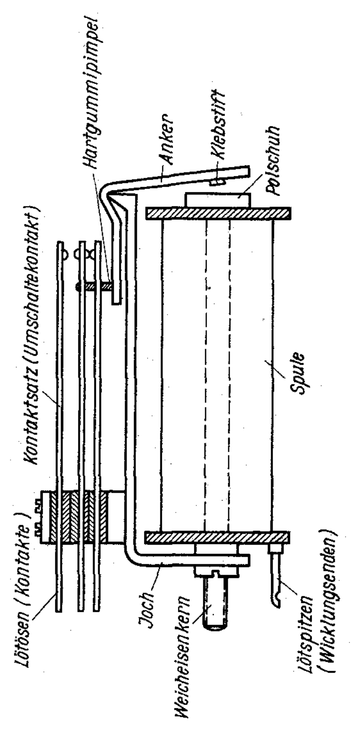


Bild 2 Prinzipieller Aufbau des Rundrelais

zu gewährleisten. Bei Stromfluß in der Spule (Erregerstrom) wird der Kern magnetisch und zieht den Anker an, der zu diesem Zweck beweglich gelagert ist. Der Anker wiederum betätigt über Hartgummipimpel die im Kontaktsatz aufgebrachten Kontakte. Der am Anker befindliche Kleb- bzw.

Trennstift ist aus unmagnetischem Material (Messing) und verhindert das remanente (durch Restmagnetismus hervorgerufene) Haften des Ankers nach dem Ausschalten des Betätigungsstroms.
Der Luftspalt zwischen Polschuh und Anker (Ankerhub) soll 1,1 bis 1,5 mm groß sein. Der Ankerhub läßt sich mit einer Fühlerlehre leicht messen. Die Fläche des Polschuhes und die Stirnseite des Ankers müssen in einer Ebene liegen, damit ein sicheres Arbeiten des Ankers gewährleistet ist.
Neben der Schneidankerlagerung des Rundrelais (s. Bild 2) gibt es die Achsankerlagerung (Bild 3), bei der das Joch mit Bohrungen versehen ist, in denen die Achse des Ankers ruht. Achsankerrelais finden dort Verwendung, wo es auf ganz besonders präzises und gleichmäßiges Arbeiten ankommt.

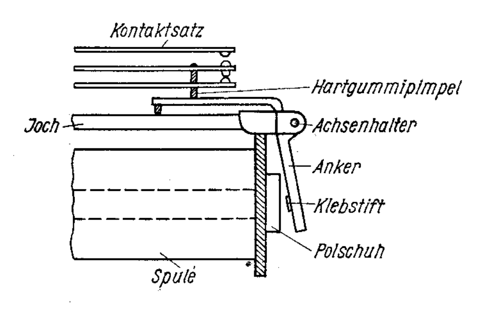


Bild 3 Achsankerlagerung

Eine andere Form des Rundrelais ist das in Bild 4 und 5 dargestellte mittlere Rundrelais, das für den Bastler besondere Bedeutung hat durch geringe Abmessungen, kleines Gewicht, Kontaktfedersätze und verhältnismäßig geringen Anschaffungspreis. Dieses Relais eignet sich vorzüglich für die Lösung fast aller Schaltaufgaben. Es wird uns darum auf den folgenden Seiten noch einige Male begegnen. Das mittlere Rundrelais wird auch als Doppelrelais gefertigt, das aus zwei unabhängig voneinander arbeitenden Relais

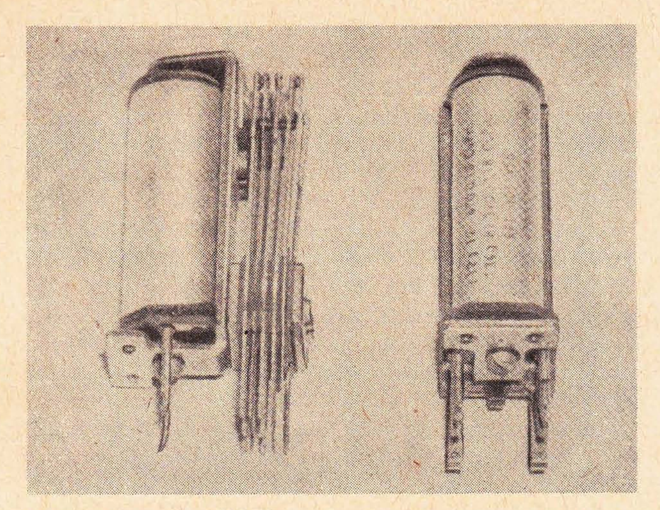


Bild 4 Mittleres Rundrelais

besteht, deren Magnetspulen, Anker und Kontaktfedersätze auf einem gemeinsamen Joch montiert sind.
Bei Bedarf an mittleren Rundrelais wird empfohlen, in erster Linie auf Typen der Normalreihe zurückzugreifen, deren technische Daten im Anhang dieser Broschüre (unter 4.3.) veröffentlicht sind. Bei Bestellung muß die Bauvorschriftnummer angegeben werden.

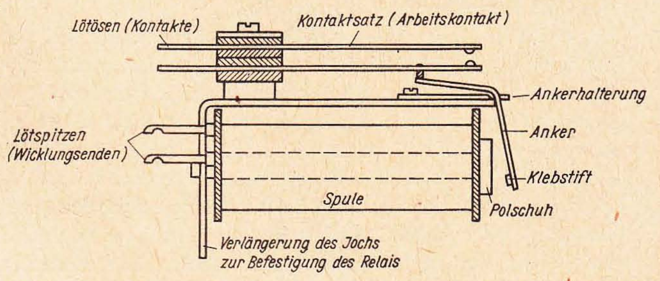


Bild 5 Prinzipieller Aufbau des mittleren Rundrelais

Das Rundrelais, dessen Name sich von der Form seines Kernes ableitet, ist, abgesehen vom eben erwähnten mittleren Rundrelais, eine ältere, wenn auch heute noch häufig verwendete Bauart des Relais. Das Bestreben, die Herstellung der Relais zu vereinfachen und sie dementsprechend preisgünstiger auf den Markt zu bringen, führte zur Entwicklung des Flachrelais (Bild 6).
Während alle Teile des Rundrelais oberflächenbearbeitet sind, besteht das Flachrelais vorwiegend aus gestanzten Teilen. Es hat einen rechteckigen Kernquerschnitt und eine ovale Spule. Sein Anker stellt gleichzeitig das Joch dar. Durch diesen Aufbau des Relais ergibt sich die günstigste Ausnutzung der elektromagnetischen Wirkung. Der Anker ist so lang wie der Kern und unterliegt in seiner gesamten Länge dem magnetischen Feld, das durch die Spule aufgebaut wird. Die Betätigung der Kontaktfedern erfolgt über einen auf dem Anker befestigten Winkel mit Isoliersteg, auf dem die Betätigungslappen der Kontaktfedern sitzen.
Beim Rundrelais sprachen wir von einem Kleb- bzw. Trennstift, der das remanente Haften des Ankers nach dem Ausschalten des Betätigungsstromes verhindern soll. Die Trennstifte werden aber, da Messing relativ weich ist, durch vielfaches Aufschlagen des Ankers auf dem Polschuh flachgehämmert und haben dann nicht mehr die erforderliche Höhe (0,1 bis 0,5 mm). Diesem Nachteil (die Abfallzeit des Ankers nach Ausschalten des Betätigungsstromes wird stark verlängert) begegnete man beim Flachrelais, indem man ein Kleb- bzw. Trennblech anbrachte.
Ein weiterer Unterschied zum Rundrelais zeigt sich bei der Betrachtung der Kontaktfedern. Im Gegensatz zum Rundrelais, bei dem jeder Kontaktsatz einzeln auf dem Joch befestigt ist, sind die Kontaktfedern beim Flachrelais zu einem gemeinsamen Kontakt- und Federsatz zusammengefaßt und zwischen den Abschlußplatten fest verschraubt.
Nach den Unterschieden jetzt zu den Gemeinsamkeiten von Rund- und Flachrelais: Wie bereits erwähnt, handelt es sich bei beiden Relaistypen um neutrale Relais. Ein neutrales Relais wirkt als ungepolter Elektromagnet, d. h., es ist

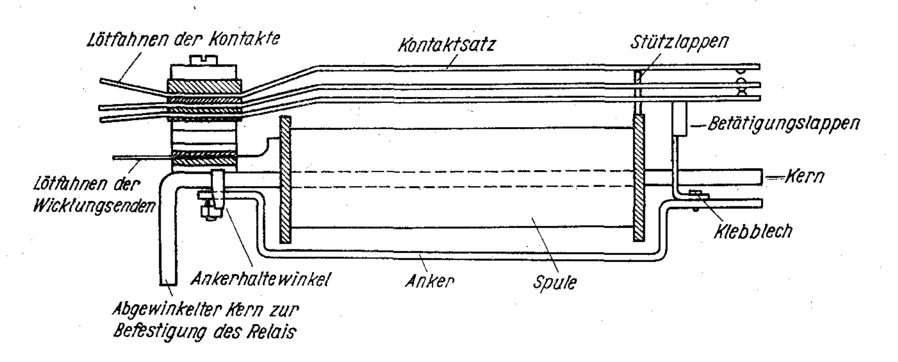


Bild 6 Prinzipieller Aufbau des Flachrelais

gleichgültig, in welcher Richtung der Strom die Wicklungen durchfließt, welche Richtung das dabei entstehende magnetische Feld hat. Bei Stromdurchfluß wird der Kern zum Magneten und zieht den Anker an, der die Kontakte betätigt. Nach Abschalten des Erregerstromkreises befindet sich das Relais wieder in Ruhelage.
In diesem Punkt unterscheiden sich Rundrelais, mittleres Rundrelais und Flachrelais nicht voneinander. Deshalb können alle drei Relaistypen, so unterschiedlich sie in ihrem äußeren Aufbau auch sein mögen, grundsätzlich zur Lösung der gleichen Schaltaufgaben eingesetzt werden.
Im Zuge der Weiterentwicklung werden neben diesen „althergebrachten" auch eine Unmenge neuerer Relaistypen gefertigt, die, obwohl sie äußerlich meist andere Formen haben, doch in diese große Gruppe der Rund- und Flachrelais gehören. Dazu zählen solche bekannten und gebräuchlichen Relais wie RH 95, RH 100, das Kleinrelais ST 10 (s. Bild 7) und die im VEB Werk für Bauelemente der Nachrichtentechnik Großbreitenbach hergestellten Kleinrelais GBR 100, 300, 400 und 700.
Gerade die RH-Relais, vom Herstellerwerk, dem VEB Elektro-Apparatewerke Berlin-Treptow, als „Zwischenrelais"

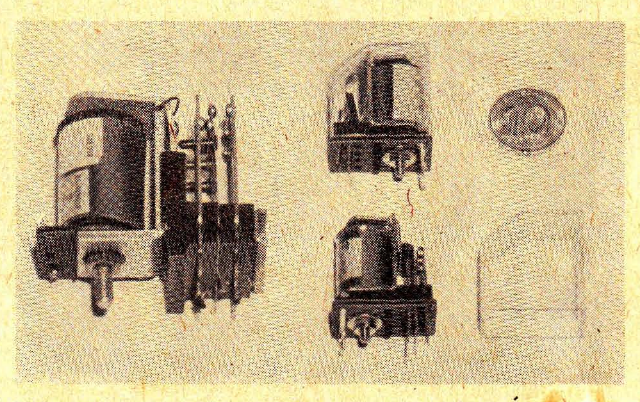


Bild 7 RH 100 und Kleinrelais ST 10

bezeichnet, verdienen Beachtung in bezug auf ihre technischen Daten. Gegenüber den normalen Flach- und Rundrelais sind sie kürzer, bedeutend robuster gebaut und für größere Spannungen bzw. Leistungen zugelassen. Sie eignen sich daher ausgezeichnet für die Ein- bzw. Umschaltung von Netzverbrauchern. Im Rahmen der Miniaturisierung aller elektronischen Anlagen und Bauelemente wurde das standardisierte Kleinrelais ST 10 geschaffen. Mit seinen geringen Abmessungen (18 mm × 27 mm × 30,5 mm) und seinem Gewicht von 28 p wird dieses kleine Rundrelais unter den Bastlern bestimmt viele Freunde finden.
Die Großbreitenbacher Relais GBR 100, 300, 400 und 700 zeichnen sich durch geringe Abmessungen, kleine Schaltzeiten, Lageunabhängigkeit, Erschütterungsfestigkeit u. a. aus. Staubschutzkappen schützen die Kontakte vor Verunreinigungen. Dadurch eignen sie sich vor allem für den Einsatz in transportablen Geräten, Fahrzeugen und in der Witterung ausgesetzten Anlagen (z. B. Antennenrelais). Gegenwärtig arbeitet man in der einschlägigen Industrie an der weiteren Standardisierung und Verbesserung der Relais. Dabei werden besonders erhöhte Empfindlichkeit und Kontaktzahl angestrebt.

1.2. Telegrafenrelais

In der Fernschreibtechnik sowie bei anderen Schaltaufgaben werden Relais mit äußerst geringen Schaltzeiten (weniger als 1 ms) benötigt. Die bisher besprochenen Relaistypen weisen jedoch Schaltzeiten von 7 bis 30 ms auf. Auch die Empfindlichkeit der Rund- und Flachrelais reicht gerade in der Fernschreibtechnik nicht aus. Sende- und Empfangsrelais der Fernschreibtechnik müssen schon bei Strömen von 1 bis 10 mA einwandfrei schalten.
Diese und weitere Überlegungen führten zur Entwicklung des Telegrafenrelais, das durch seine äußerst kurzen Schaltzeiten und seine große Empfindlichkeit auch dem Bastler zahlreiche Anwendungsmöglichkeiten eröffnet. Bild 8 stellt die Wirkungsweise des Telegrafenrelais dar, das im Gegen-

satz zum neutralen Rund- und Flachrelais polarisiert ist, d. h., seinen Kontakt abhängig von der Stromrichtung in den Relaisspulen bewegt. Im Ruhezustand wirkt nur die magnetische Kraft des Dauermagneten (in Bild 8 schraffiert gezeichnet und mit Polung versehen) auf den beweglich gelagerten Anker. Im Augenblick des Stromflusses in der Relaiswicklung entsteht ein zweites elektromagnetisches Feld, das dem magnetischen Feld des Dauermagneten über-

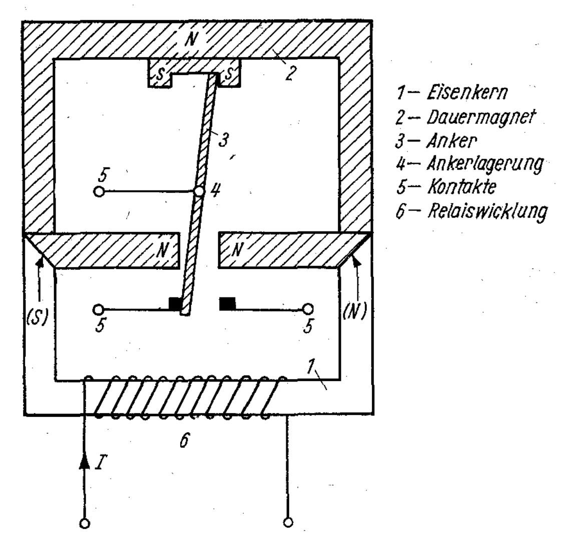


Bild 8 Schematische Darstellung der Wirkungsweise des Telegrafenrelais

lagert wird. Gemäß Bild 8 würde der Strom zu der in Klammern gesetzten Polung des Elektromagneten führen. Bei unserem Beispiel addieren, d. h. verstärken sich also die magnetischen Kräfte auf der rechten Seite (Dauermagnet-Nordpol; Elektromagnet-Nordpol), während sie sich auf der linken Seite (Dauermagnet-Nordpol; Elektromagnet-Südpol) subtrahieren, also schwächen. Der Anker würde an den rechten Kontakt gezogen werden und in dieser Stel-

lung verharren, solange nicht ein umgekehrter Erregerstrom die Wicklung durchfließt. So wird je nach Stromrichtung der eine oder andere magnetische Kraftfluß verstärkt und dementsprechend der Anker angezogen. Das Relais ist so aufgebaut, daß magnetischer Dauerfluß und Erregerfluß nur auf sehr kleinen Strecken gemeinsam verlaufen, wodurch eine störende Beeinflussung beider magnetischer Kreise vermieden wird. Auf Grund ihrer mechanisch äußerst robusten Konstruktion weisen Telegrafenrelais selbst nach langer Betriebsdauer nur geringfügige Abweichungen von ihren Einstellwerten auf. Ein Telegrafenrelais kann im Durchschnitt 300 Millionen Schaltungen wartungsfrei durchführen. Alle in der DDR gefertigten Telegrafenrelais haben die gleichen geometrischen Abmessungen und nahezu den gleichen mechanischen Aufbau. Durch den Stecksockel werden die Telegrafenrelais zu leicht auswechselbaren Bauelementen, so daß rasche Kontroll- und Wartungsmöglichkeiten gegeben sind. Am Stecksockel befinden sich zwei Führungsstifte mit Nuten, durch die das Relais bis zu einer Zugkraft von etwa 10 kg fest in der zugehörigen Relaisfassung gehalten wird. Durchsichtige Plastkappen schützen vor Verstaubung und gestatten die Beobachtung des Relais. (Nur ältere Telegrafenrelais sind noch mit Aluminiumkappen versehen.)

Bild 9 zeigt Telegrafenrelais und Relaisfassung. Ohne besondere Notwendigkeit sollte man keinesfalls die Schutzkappen abnehmen, da jedes Staubteilchen die Betriebsdauer des Relais stark herabsetzt.

Telegrafenrelais können bis zu sechs Erregerwicklungen haben, weisen jedoch im Gegensatz zu Rund- und Flachrelais nur einen Umschaltekontakt auf.

Bild 10 stellt die Beschaltung des Stecksockels dar. Die Messerleisten 1 bis 13 sind entsprechend dem Relaistyp mit Wicklungsenden beschaltet.

Der Buchstabe A bedeutet Anker, T – Trennseite und Z – Zeichenseite. Das Telegrafenrelais ist *stromrichtungsempfindlich,* daher müssen seine beiden Kontaktseiten kenntlich gemacht werden. In der Fernschreibtechnik arbeitet

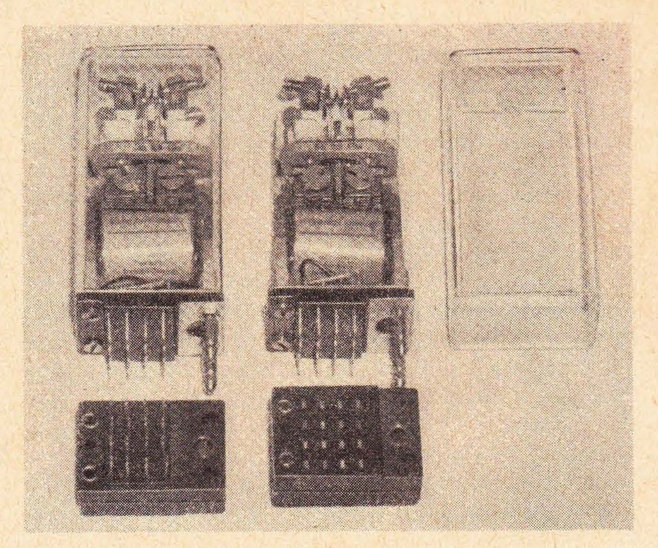


Bild 9 Telegrafenrelais mit und ohne Schutzkappe

man mit den Begriffen *Trenn- und Zeichenstrom.* Warum sollte man also die Kontaktseiten des wichtigsten Relais der Fernschreibtechnik nicht auch mit diesen Namen belegen?

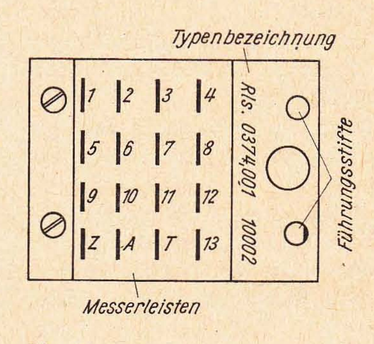


Bild 10
Beschaltung
des Stecksockels des
Telegrafenrelais

Für den Bastler ist dabei folgendes wichtig:
- Batterieplus am Wicklungsanfang und Minus am Ende = Anker (A) des Relais auf Trennseite (T).
- Batterieminus am Wicklungsanfang und Plus am Ende = Anker (A) des Relais auf Zeichenseite (Z).

Je nach der Einstellung einer auf den Anker wirkenden Federkraft erhält man verschiedene Ruhelagen des Ankers:

Zweiseitige Ruhelage – Befinden sich die Wicklungen in stromlosem Zustand, so bleibt der Anker in der letzten Schaltstellung liegen (gleichgültig ob Zeichen- oder Trennseite).

Mittlere Ruhelage – Nach Aufhören der Erregung bleibt der Anker zwischen beiden Kontakten stehen.

Einseitige Ruhelage – Der Anker wird nach Aufhören der Erregung immer auf eine bestimmte Kontaktseite gelegt.

Telegrafenrelais weisen gegenüber den Rund- und Flachrelais folgende Vorteile auf:

hohe Ansprechempfindlichkeit durch
- geringen Luftspalt zwischen den Kontakten (0,2 bis 0,5 mm);
- zentrale Lagerung des Ankers (Anker ist im Schwerpunkt und leicht drehbar verankert);
- leichten Anker;

kurze Umschaltzeit (weniger als 1 ms) durch
- geringen Ankerweg;
- geringe Kontaktkraft (1 p);
- Beseitigung der Ankerprellung beim schnellen Umschlagen des Ankers durch Reibfedern;

Erschütterungsunempfindlichkeit
- Telegrafenrelais arbeiten bis zu einer Stoßbeschleunigung von 10 g (10fache Erdbeschleunigung) einwandfrei;

Temperaturunempfindlichkeit
- Telegrafenrelais arbeiten in dem Temperaturbereich von – 40 °C bis + 60 °C einwandfrei;

maximale Schalthäufigkeit
- Telegrafenrelais bewältigen ohne weiteres bis zu 150 Schaltungen pro Sekunde.

Alle diese Vorzüge – nicht zu vergessen die mögliche zweiseitige Ruhelage des Ankers – gestatten dem Bastler zahlreiche Lösungsvarianten. Die genauen technischen Daten der wichtigsten Telegrafenrelaistypen sind unter 2.3., „Beschriftung der Relais", angegeben.
Ergänzend sei hier noch bemerkt, daß auch bei Telegrafenrelais Bestrebungen zur Miniaturisierung vorhanden sind. Einen verheißungsvollen Anfang in dieser Richtung macht das vom VEB Schaltgeräte Auerbach hergestellte „gepolte Kleinrelais". Seine geringen Abmessungen (43 mm × 21 mm × 17 mm), sein geringer Leistungsverbrauch (3,7 mW) und der 7polige Stecksockel für Miniaturröhrenfassungen gestatten vorteilhaften Einsatz in transportablen Geräten (technische Daten im Anhang).

1.3. Sonderausführungen

1.3.1. Thermorelais

Sämtliche bis jetzt genannten Relaistypen basieren auf der Umwandlung des elektrischen Stromes in Elektromagnetismus. Das Thermorelais dagegen arbeitet auf der Grundlage der Wärmewirkung des elektrischen Stromes. Die Erregerwicklung ist auf einer Bimetallkontaktfeder angebracht (s. Bild 11). Diese Feder besteht aus zwei Lagen verschiedener Metalle (Kupfernickel und Nickelstahl), die unterschiedliche Wärmeausdehnungskoeffizienten haben. Fließt Strom durch die Erregerwicklung, so erwärmt sich die Feder, wobei die untere Metallschicht stärker ausgedehnt wird als die obere. Infolgedessen krümmt sich die Feder, und der Kontakt schließt.

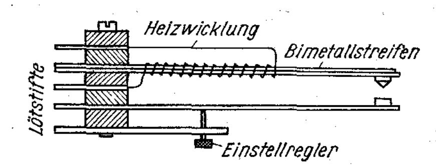


Bild 11
Aufbau des Thermorelais

Die langsame Erwärmung bedingt lange Schaltzeiten. So sind mit Thermorelais Schaltverzögerungen bis zu 90 s erreichbar.
Bei den meisten Ausführungen ist der Bimetallstreifen nicht, wie in Bild 11 angegeben, gleichzeitig auch Kontaktfeder. Er betätigt dann die Kontaktfeder indirekt über den Hartgummipimpel.
Thermorelais werden naturgemäß dort eingesetzt, wo Schaltzeiten von mehreren Sekunden notwendig sind. (Zu beachten ist dabei noch, daß man Thermorelais möglichst nicht da verwendet, wo mehrere Schaltvorgänge kurzzeitig hintereinander ausgeführt werden müssen. Das Relais kann sich in solchen Fällen nicht genügend abkühlen und betätigt nach erneutem Einschalten des Erregerstroms seine Kontakte zu schnell.)
Ein weiterer, bedeutender Vorteil des Thermorelais gegenüber den bisher besprochenen Relaistypen besteht darin, daß als Erregerstrom auch Wechselstrom Verwendung finden kann.
Es wird mit Heizwicklungen 60, 100, 170, 200, 300 und 600 Ohm geliefert.

1.3.2. Remanenzrelais

Das Remanenz- oder Haftrelais ist ein gewöhnliches Flachrelais, das an Stelle des Klebblechs einen Haftstift hat. Zum Schalten genügt ein kurzer Stromimpuls. Anschließend hält sich das Relais durch den Restmagnetismus des Eisenkernes.
Der Abfall des Ankers kann durch kurze Gegenerregung (Impulsdauer $\leqq$ 10 ms) in der Relaiswicklung bzw. von Hand erreicht werden.

1.3.3. Resonanzrelais

Das Resonanzrelais bzw. Frequenzrelais spricht auf bestimmte Frequenzen (grundsätzlich im Tonfrequenzbereich)

an (s. Bild 12). Die Spulen werden von Wechselstrom durchflossen. Zwischen den Polschuhen der Spulen entsteht ein im Rhythmus der Frequenz sich änderndes magnetisches Kraftfeld. Bei Resonanz schwingt die Ankerfeder und betätigt den Kontakt. Einer bestimmten Ankerfederlänge entspricht jeweils eine bestimmte Frequenz (Resonanzfrequenz). Nur wenn der die Spulen durchfließende Strom die entsprechende Frequenz hat, wird der Kontakt durch den Anker betätigt. Das Resonanzrelais findet Anwendung zum Auslösen mehrerer unterschiedlicher Signale auf einer Zweidrahtleitung. In diesem Fall liegen alle Relais (verschiedene Frequenzen – unterschiedliche Signale) parallel in der Leitung.
Resonanzrelais besitzen eine erhebliche Resonanzschärfe. So lassen sich z. B. im Frequenzband von 350 bis 850 Hz 32 Resonanzrelais mit je 15 Hz Abstand unterbringen.

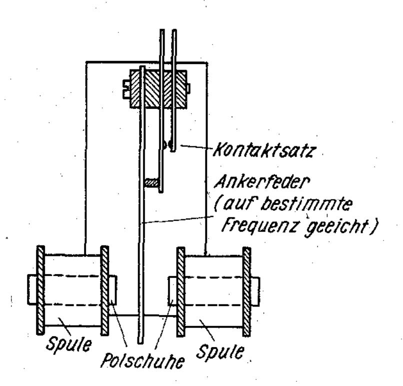


Bild 12
Aufbau des Resonanzrelais

1.3.4. Quecksilberrelais

Dieses Relais verwendet man für die Einschaltung von Starkstromkreisen bis 550 W (s. Bild 13). Der Kontaktschluß wird durch das in der Röhre befindliche Quecksilber erreicht, das bei Anzug des Ankers eine elektrische Verbindung zwischen beiden Kontakten herstellt. Bei Queck-

silberrelais muß auf lotrechte Befestigung geachtet werden, weil das Quecksilber sonst den zweiten Kontakt nicht erreichen kann.

1.3.5. Wechselstromphasenrelais

Rund- und Flachrelais sind grundsätzlich für Gleichstrom bestimmt. Wird ein solches Relais in einen Wechselstromkreis geschaltet, so vibriert der Anker im Rhythmus der Frequenz des Wechselstromes, und die Kontakte arbeiten nicht oder nur unregelmäßig. Fast die gesamte Energieerzeugung ist jedoch auf Wechselstrom aufgebaut. In vielen Anlagen werden Relais benötigt, die bei Netzausfall abschalten bzw. bei anliegendem Netz schalten. Wäre man für diese Zwecke auf Rund- bzw. Flachrelais angewiesen, so machte sich in jedem Fall ein recht aufwendiger Gleichrichterteil vor den Relais notwendig. Um das zu vermeiden, wurde das Wechselstromphasenrelais entwickelt (siehe Bild 14).

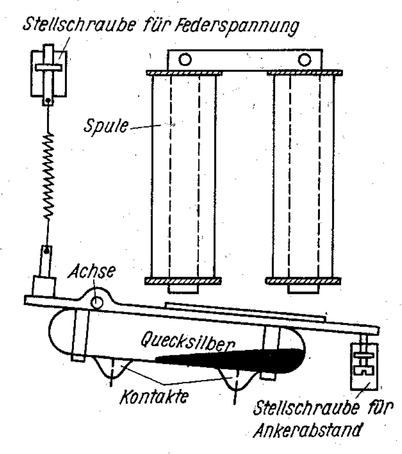


Bild 13 Aufbau des Quecksilberrelais

Das Wechselstromphasen- oder auch Zweiphasenrelais besteht aus zwei Kernen mit je einer Wicklung, über denen ein gemeinsamer Anker liegt. Die erste Wicklung wird direkt, die zweite über einen Kondensator an die Wechselstromspannung gelegt. Bekanntlich erzeugt der Kondensator im Wechselstromkreis eine Phasenverschiebung von 90°. Bei angelegter Wechselspannung zieht also immer einer der beiden Kerne des Relais den gemeinsamen Anker an: Das Relais arbeitet ruhig und gleichmäßig.

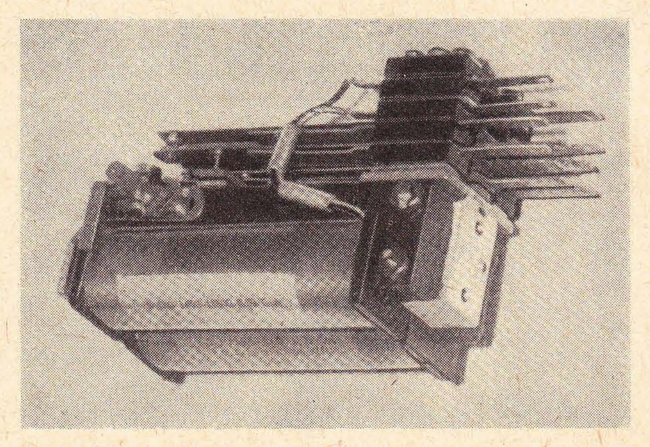


Bild 14 Wechselstromphasenrelais

Wechselstromphasenrelais sind in den meisten Fällen direkt für 220 V Wechselspannung ausgelegt. Die Kapazität des Kondensators beträgt je nach Typ des Wechselstromphasenrelais 0,3 bis 1 μF. Eine andere, recht beliebte Ausführung des Wechselstromrelais arbeitet mit nur einer Wicklung. Von normalen Relaistypen unterscheidet es sich nur durch den gespaltenen Kern mit Kupferkurzschlußring. Die bekanntesten Relaistypen dieser Bauart sind RH 21, 51, 91 und 95.

Andere Möglichkeiten der Schaltung von Relais in Wechselstromkreisen werden unter 3.2.2. beschrieben.

1.3.6. Fallklappenrelais

Die Besonderheit des Fallklappenrelais besteht darin, daß sein Anker bei Betätigung eine mechanisch festgehaltene Klappe freigibt, die zur optischen Anzeige dient. Das Fallklappenrelais wird in der Fernsprechtechnik zur Kennzeichnung des Anrufes von Teilnehmern im Handvermittlungsverkehr und in Personenrufanlagen (z. B. in Hotels, Krankenhäusern u. ä.) verwendet. Vielfach befindet sich am Relais ein Kontakt, der zusätzlich einen Wechselstromkreis einschaltet. Die Klappe muß bei den meisten Typen mit der Hand in die Ausgangsstellung zurückgelegt werden.

1.3.7. Transistorisiertes Mikrorelais (TMR)

Dem Streben nach weiterer Miniaturisierung und Steigerung der Empfindlichkeit von Relais kommen die Keramischen Werke Hermsdorf nach, indem sie seit kurzem das „Transistorisierte Mikrorelais" (TMR) fertigen. Auf einer Keramikträgerplatte sind ein Transistor, eine Erregerspule, ein Mikroschalter und die notwendigen Anschlußdrähte und Widerstände aufgebracht.
Das Steuersignal (minimal 1 V; 1 mW) wird im Transistor (U_B = 12 V) verstärkt und gelangt erst dann auf die Erregerspule.
Durch seine hohe Empfindlichkeit, die kleinen Abmessungen (30 mm × 27 mm × 16 mm), die große mechanische Festigkeit, den sicheren Betrieb auch bei extremen klimatischen Beanspruchungen und auch durch die Lageunabhängigkeit wird dieses neue Mikrorelais dem Bastler bei transportablen Geräten bzw. ferngesteuerten Modellen wahrscheinlich bald schon unentbehrlich sein (im Anhang kurze Zusammenstellung der technischen Daten, Schaltbild und Anschlußschema des Mikrorelais).

1.4. Wähler (Schrittschaltwerke)

Mit Wählern wird der Bastler weniger in Berührung kommen; einmal weil sie Spezialbauelemente automatischer Vermittlungen sind und als solche von der Industrie nur für derartige Zwecke hergestellt werden, zum andern benötigt sie der Bastler kaum.
Der Vollständigkeit halber seien sie aber an dieser Stelle erwähnt. Auch Wähler gestatten es, eine Reihe von Schaltaufgaben geschickter und vorteilhafter zu lösen. Der Bastler wird bei Bedarf meist auf ausrangierte, eventuell defekte Exemplare der Deutschen Post zurückgreifen müssen.

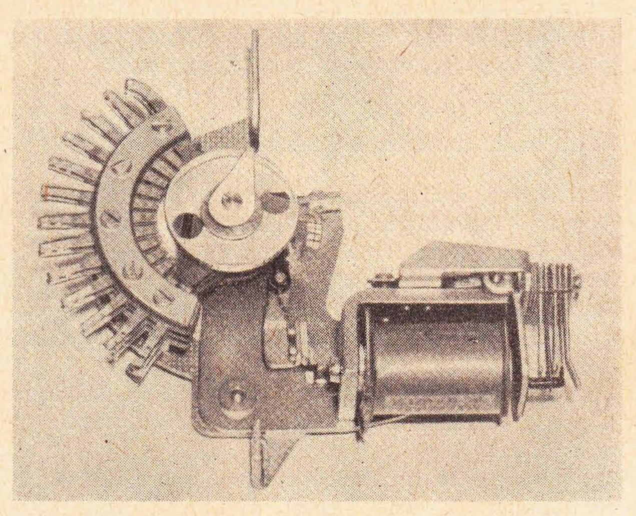


Bild 15 Drehwähler

Der für uns wichtigste Wählertyp ist der Drehwähler (s. Bild 15). Im Aufbau unterscheidet man leicht drei kennzeichnende Konstruktionselemente: den Antrieb, die Kontaktarme und den Kontaktsatz. Der Antrieb besteht aus dem Antriebmagneten, der bei Stromdurchfluß den Anker

anzieht. Dieser greift über eine Stoßklinke in ein Zahnrad ein und bewegt dadurch die Kontaktarme um einen Schritt vorwärts. In der Abbildung sehen wir einen 12teiligen Drehwähler, der 12 Schaltschritte in der beschriebenen Art ausführen kann. Die notwendigen Stromimpulse werden durch Nummernscheiben gegeben, wie sie an jedem Telefon angebracht sind. Wählt man an der Nummernscheibe also die Zahl 7, so bekommt der Wähler 7 Stromimpulse, führt dementsprechend die gleiche Anzahl Schaltschritte aus. Ein 12teiliger Drehwähler gibt uns also die Möglichkeit, 12 verschiedene Verbraucher in einen Stromkreis zu legen oder, besser ausgedrückt, 12 verschiedene Signale bzw. Schaltbefehle zu vermitteln. In Kapitel 3. wird die praktische Ausführung einer solchen Wählerschaltung beschrieben. Auf verschiedene andere Wählertypen soll an dieser Stelle nicht ausführlicher eingegangen werden. Der gebräuchlichste ist der Hebdrehwähler, mit dem 100 verschiedene Schaltschritte ausgeführt werden können, und der Motorwähler, der durch einen Motor bewegt wird und daher seine Schaltschritte schneller ausführen kann. Eine Zwischenstellung zwischen Wähler und Relais nimmt schaltungstechnisch das Wählerrelais ein. Als Antrieb findet hier ein großes Rundrelais Verwendung. Wählerrelais werden mit 24- und 36teiligen Schalträdern geliefert. Sie arbeiten mit kleineren Erregerströmen als Drehwähler und sind deshalb für den Bastler unter Umständen besonders vorteilhaft.

1.5. Zerhacker

Zerhacker benutzt man heute seltener, sie werden mehr und mehr von den meist sicherer arbeitenden Transvertern abgelöst. Nur noch in älteren Autosupern und Blitzlichtgeräten begegnen wir ihnen.
Zerhacker (s. Bild 16) sind so aufgebaut, daß sie einen Gleichstrom durch periodische mechanische Schaltbewegung unterbrechen bzw. „zerhacken". Es entsteht ein aus

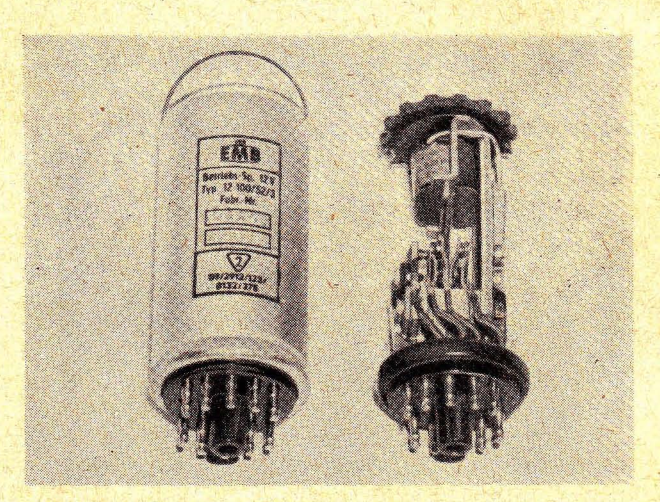


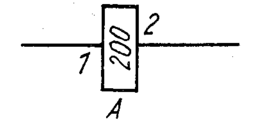
Bild 16 Zerhacker mit und ohne Schutzkappe

Rechteckimpulsen bestehender Wechselstrom, der anschließend transformiert werden kann.
Zerhacker werden dort eingesetzt, wo eine geringe Batteriegleichspannung (4 V, 5 V, 6 V, 12 V, 24 V) in eine hohe Wechsel- bzw. Gleichspannung umgewandelt werden muß (so z. B. zur Erzeugung der Anodenspannung für die mit Röhren bestückten Autosuper).
Ein besonderer Vorteil des Zerhackers gegenüber Transvertern besteht darin, daß man die transformierte Wechselspannung mit Hilfe eines zweiten Kontaktsatzes des Zerhackers sofort wieder gleichrichten kann. Dadurch wird der Gleichrichter eingespart. In Meßwandlern begegnen wir einem besonderen Zerhackertyp, dem Chopper (Meßzerhacker). Auch in modernen Meßgeräten wird er gern zur Verwandlung der Meßgrößen (Gleichspannung, Gleichstrom) herangezogen.

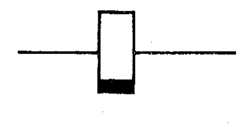
2. Hinweise für das Basteln mit Relais

2.1. Wichtigste Schaltzeichen

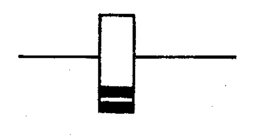
Normales Rund- bzw. Flachrelais



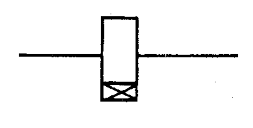
200 – Ohmwert der Wicklung
1 und 2 – Bezeichnung der Wicklungsenden
A – Kennzeichnung des Relais in einer Schaltung mit mehreren Relais



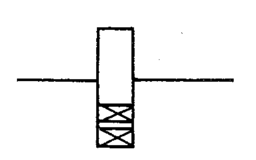
Relais mit Abfallverzögerung (s. auch 3.2.1.)



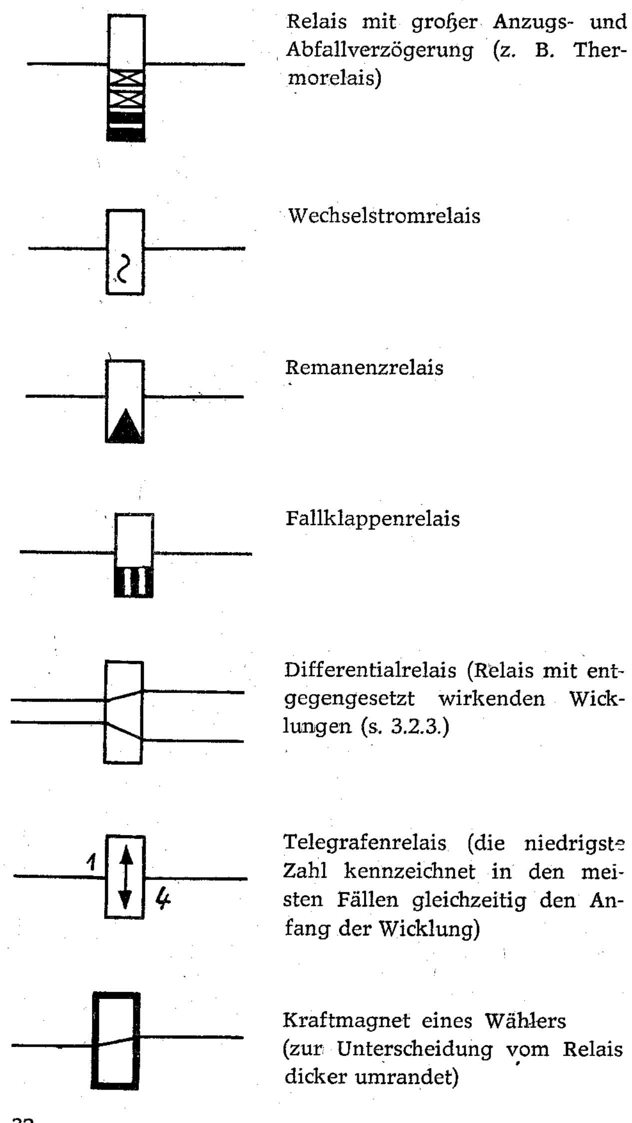
Relais mit großer Abfallverzögerung



Relais mit Anzugsverzögerung



Relais mit großer Anzugsverzögerung



Relais mit großer Anzugs- und Abfallverzögerung (z. B. Thermorelais)

Wechselstromrelais

Remanenzrelais

Fallklappenrelais

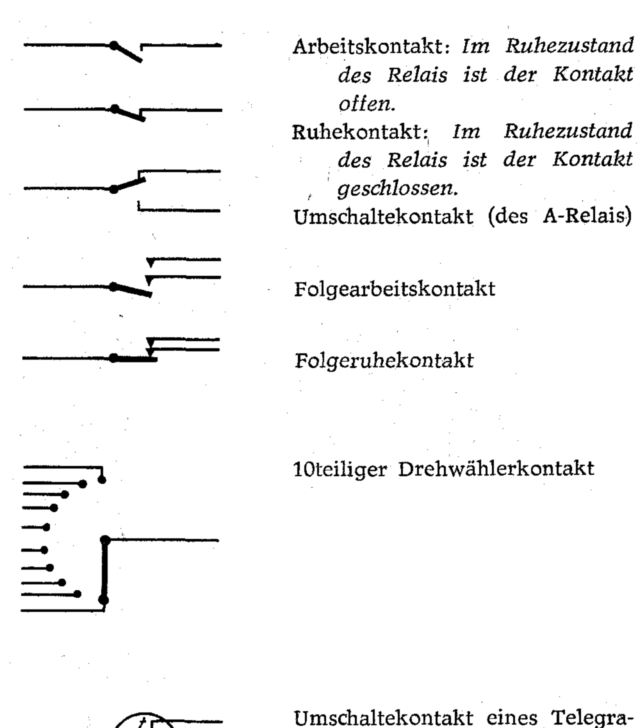
Differentialrelais (Relais mit entgegengesetzt wirkenden Wicklungen (s. 3.2.3.)

Telegrafenrelais (die niedrigste Zahl kennzeichnet in den meisten Fällen gleichzeitig den Anfang der Wicklung)

Kraftmagnet eines Wählers (zur Unterscheidung vom Relais dicker umrandet)

2.2. Kontaktarten

Kontakte werden in Relaisschaltungen grundsätzlich in der Stellung gezeichnet, in der sie bei Ruhestellung des Relais liegen.



Arbeitskontakt: *Im Ruhezustand des Relais ist der Kontakt offen.*

Ruhekontakt: *Im Ruhezustand des Relais ist der Kontakt geschlossen.*

Umschaltekontakt (des A-Relais)

Folgearbeitskontakt

Folgeruhekontakt

10teiliger Drehwählerkontakt

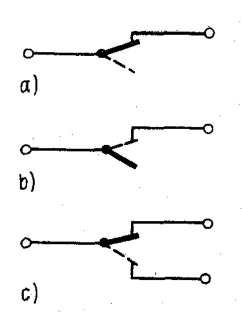
Umschaltekontakt eines Telegrafenrelais

t – Trennseite

z – Zeichenseite

a – Anker

(Der Kreis kennzeichnet die Entstörung des Kontaktes)



Darstellung von Relaisschaltungen mit in Ruhezustand erregtem Relais (z. B. Alarm- und Sicherungsanlagen)
a – Ruhekontakt
b – Arbeitskontakt
c – Umschaltekontakt
Der stark ausgezeichnete Kontaktarm weist auf die Kontaktlage bei nicht erregtem Relais hin, während der gestrichelte die wirkliche Kontaktlage in der speziellen Ruhestromschaltung (also bei erregtem Relais) angibt.
(Die Bilder 28 und 34 sind nach der obengenannten Methode gezeichnet)

2.3. Beschriftung und Beschaltung der Relais

Fast alle Relais sind mit Spulenaufdruckzetteln versehen, die die wichtigsten technischen Daten des Relais enthalten.
z. B.: (1–5)I 1000 – 13400 – 0,12 CuL 4720 : 30–43
RFT 308 VEB

Die einzelnen Angaben in obigem Beispiel haben folgende Bedeutung:

(1–5) – Die Wicklung liegt an den Lötösen 1 und 5

I – 1. Wicklung (hat nur bei Relais mit mehreren Wicklungen Bedeutung)

1000 – Widerstand der Wicklung in Ohm

13 400 – Anzahl der Windungen um den Kern

0.12 – Drahtstärke (reiner Leitungsdurchmesser ohne Isolierung)

CuL – verwendetes Drahtmaterial (CuL – Kupfer mit Lackisolierung, CuPrL – Kupfer mit

Perlonlackisolierung, WdSS – Widerstandsdraht mit 2 Seidenlagen als Isolierung)

4720 : 30 – 43 – Bauvorschriftsnummer

RFT 308 VEB – Angabe, in welchem Betrieb das Relais gefertigt wurde (im Beispiel: VEB Fernmeldewerk Arnstadt)

Steht an Stelle der Windungszahl der Ausdruck „bif", so handelt es sich um eine Bifilarwicklung. Bei Bifilarwicklungen wird eine Drahtschleife – bestehend aus zwei nebeneinander liegenden Drähten – an Stelle des sonst üblichen einfachen Drahtes gewickelt. Bei Stromdurchfluß in der Bifilarwicklung heben sich die magnetischen Kräfte beider Teile der Schleife, die ja unterschiedlichen Wicklungssinn besitzen, auf. Eine solche Wicklung hat also keinerlei Einfluß auf die Schaltfunktion des Relais und ist darum jeweils nur als Zusatzwicklung aufgebracht. Als Drahtmaterial wird meist Widerstandsdraht verwendet. Mit der Bifilarwicklung ist dem Bastler praktisch ein „Gratis-Widerstand" gegeben, den er als Vorwiderstand für die Relaiswicklung entsprechend 3.2.4. verwenden kann.
Ist vor zwei Wicklungsbezeichnungen eine geschweifte Klammer gesetzt, so sind beide Wicklungen leitend miteinander verbunden.
Telegrafenrelais sind an ihrem Sockel mit einer Typennummer versehen, z. B.: Rls 0373 001 51 2 18.

In diesem Falle haben die Zahlen folgende Bedeutung:

Rls 0373 001: Kennziffer für Relaistypen

Die häufigsten Relaistypen sind:

Rls 0373 001 – gepoltes Relais mit 2 Ankerruhelagen und hoher Ruhekontaktkraft (6 p)
(neue Bezeichnung A 3)

Rls 0374 001 – gepoltes Relais mit 2 Ankerruhelagen und normaler Kontaktkraft (1 p)
(neue Bezeichnung A 4)

Rls 0375 001 – gepoltes Relais mit Ruhelage zwischen den Kontakten
(neue Bezeichnung A 5)

Rls 0377 001 – gepoltes Relais mit Ruhelage auf Trennseite
(neue Bezeichnung A 7)

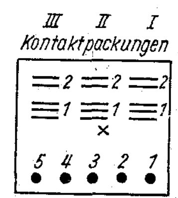
51 – Kennzahl für Ankerausführung und Kontaktmaterial. 51 – mechanisch gedämpfter Anker: Gold-Nickel-Kontakte

2 – Kennzahl für Ankereinstellung

18 – Kennziffer für Wicklungen
(Die wichtigsten Kennziffern für Wicklungen werden im Anhang dieser Broschüre in 4.1. erläutert)

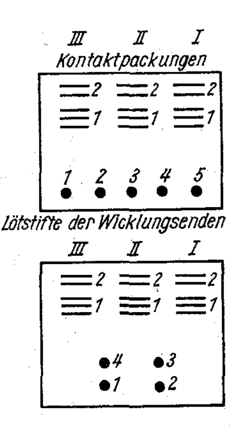
Die wichtigsten technischen Daten der Kleinrelais des Typs ST 10, der Kleinrelais GBR 100, 300, 400 und 700 sowie der gepolten Kleinrelais (VEB Schaltgeräte Auerbach) sind im Anhang zusammengestellt.
Zählweise der Kontakte und Lötstifte bei Rund- und Flachrelais (Betrachtung der Lötstifte von hinten)

Flachrelais:



Findet man z. B. in einer Schaltung einen Kontakt r II 1, so handelt es sich um die mit Stern (*) gekennzeichneten Lötfahnen des R-Relais. (Relais werden in Schaltungen mit großen Buchstaben, Kontakte mit kleinen bezeichnet.)

Rundrelais:



großes Rundrelais

mittleres Rundrelais

2.4. Berechnungsfragen

Dabei gilt es, zuerst einige Begriffe zu klären, die beim praktischen Arbeiten mit Relais immer wieder auftauchen:

Fehlstrom (I_f) – höchstzulässiger Strom, der durch ein Relais fließen kann, ohne daß die Kontakte betätigt werden;

Anzugsstrom (I_a) – Mindeststrom, der benötigt wird, um die Kontakte des Relais mit Sicherheit zu betätigen;

Haltestrom (I_h) – Mindeststrom, der benötigt wird, um die Kontakte des Relais mit Sicherheit zu halten;

Abfallstrom (I_{ab}) – Höchststrom, der die betätigten Relaiskontakte mit Sicherheit abfallen läßt.

Der Haltestrom liegt weit unter dem Anzugsstrom. Zum Halten des Relaisankers wird nur etwa die 0,4fache Stärke des Stromes benötigt, der das Relais anziehen läßt. Diese Tatsache gewinnt bei Schaltungen Bedeutung, in denen Relais dauernd oder fast nur gezogen sind. In solchen

Fällen ist es ratsam, nach Anziehen des Ankers nur noch den Haltestrom fließen zu lassen (s. unter 3.2.4.).
Ein weiterer wichtiger Begriff ist die *Ampere-Windungszahl* (AW). Die auf den Anker eines Relais wirkende magnetische Kraft hängt ab von Stromstärke und Windungszahl. Aus diesem Grund wird die Empfindlichkeit aller Relais in Amperewindungen (AW) angegeben.

	Rundrelais	mittleres Rundrelais	Flachrelais
Anzugsstrom	120 AW	80 AW	90 AW
Haltestrom	65 AW	35 AW	35 AW

Die in der Tabelle angegebenen Zahlen sind Durchschnittswerte und gelten grundsätzlich nur für Relais mit einem Kontaktsatz. Für jeden weiteren Kontaktsatz müssen etwa 20 AW aufgeschlagen werden. Solche Werte gibt man stets mit 1,2- bis 1,5facher Sicherheit an.
Telegrafenrelais dagegen brauchen nur Ansprecherregungen von etwa 1 bis 15 AW (je nach Typ).
Das nachfolgende Berechnungsbeispiel wird die Bedeutung dieses Problems verständlicher machen.
Ein mittleres Rundrelais mit einem Ruhekontakt soll bei 12 V Betriebsspannung und 8 mA Erregerstrom ziehen. Gesucht wird die Windungszahl des Relais:

$$R = \frac{U}{I} = \frac{12\ \text{V}}{8 \cdot 10^{-3}\ \text{A}} = 1500\ \Omega = 1{,}5\ \text{k}\Omega.$$

Die Erregerwicklung hat demnach einen Widerstand von 1,5 kOhm.
(AW) Amperewindungen = Windungen · Erregerstrom

$$\text{Windungszahl} = \frac{80\ \text{AW}}{8 \cdot 10^{-3}\ \text{A}} = 10\,000\ \text{Wdg.}$$

Das Relais muß also mindestens 10 000 Windungen haben, damit es unter den genannten Bedingungen schaltet.
Bei solchen Berechnungen ist auch auf die zulässige Be-

lastung für die Relaiswicklung zu achten. Temperaturen über 140 °C schaden der Drahtisolation. Aus diesem Grund wurde als maximale Belastung für Relaiswicklungen die Leistung von 6 W festgelegt.
Bei unserem Beispiel ergibt sich folgende Leistung für die Wicklung:

$$P = I \cdot U = 12\,V \cdot 8\,mA \approx 0{,}1\,W.$$

Der Bastler wird, wie das Berechnungsbeispiel zeigt, meist mit Relais zu tun haben, deren Betriebsspannungen und Ansprechströme er nicht kennt.
Für ein Flachrelais, aus dessen Spulenzettel hervorgeht, daß seine Wicklung 3750 Wdg. mit einem Widerstand von 500 Ohm hat, sollen Erregerstrom und Betriebsspannung ermittelt werden:

$$\text{Erregerstrom} = \frac{\text{notwendige AW für Flachrelais,}}{\text{Windungszahl}}$$

$$I = \frac{90\,AW}{3750\,Wdg.} = 24\,mA.$$

Das Relais benötigt also einen Erregerstrom von 24 mA.

$$U = I \cdot R = 24\,mA \cdot 0{,}5\,k\Omega = 12\,V.$$

Die Betriebsspannung für das genannte Relais beträgt 12 V. Bei dieser Spannung arbeitet es zuverlässig.

2.5. Hinweise zur Pflege der Relais

Als Bastler muß man vielfach mit ausrangierten Relais arbeiten. Der größte Teil aller in der Industrie gefertigten Relaistypen findet in industriellen Schalt-, Steuer- und Regelanlagen Verwendung. Lediglich mittlere Rundrelais sind fast immer im Handel erhältlich.
Eine solche Situation zwingt den Bastler, defekte oder in schlechtem Zustand befindliche Relais wieder „auf Vordermann" zu bringen. Er hat es dabei hauptsächlich mit folgenden Mängeln zu tun:

Verschmutzte, verstaubte und fettige Kontakte – Schon leicht verstaubte Relaiskontakte können beim Schalten kleiner Stromstärken erhebliche Störungen hervorrufen. Man muß also durch gute Pflege schon vor Einbau des Relais eine einwandfreie Kontaktgabe sichern. Stärkere Verunreinigungen der Kontakte lassen sich gut mit feinem Sandpapier entfernen. Fettige Kontakte werden vorsichtig mit Tetra oder Benzin gewaschen und anschließend trockengerieben.
Durch entsprechenden Einbau der Relais sollte der Bastler von vornherein die Verstaubung der Kontakte weitgehend einzuschränken versuchen (s. Bild 17). Dazu ein Hinweis: Die Kontakte bieten in der senkrechten Lage dem herabsinkenden Staub nur ein Minimum an Fläche zum Absetzen. Der Staub fällt zwischen den Kontakten durch, ohne sich an ihnen abzusetzen. Demgegenüber führt der waagrechte Aufbau der Relais relativ schnell zur Verstaubung der Kontakte.

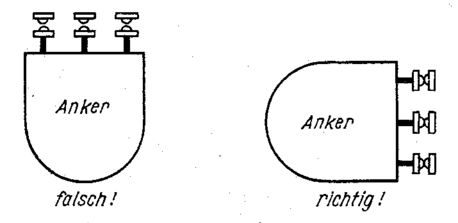


Bild 17 Schutz vor Verstaubung der Kontakte durch richtigen Einbau

Bei Telegrafen- und Kleinrelais bieten die Kappen sicheren Schutz vor Verstaubung oder Verschmutzung der Kontakte. Ohne zwingenden Grund sollte man daher jedes Abnehmen der Schutzkappen vermeiden.
Dejustierte Kontakte – Durch unsachgemäße Lagerung oder Behandlung verbiegen sich häufig die Kontaktfedern der Relais. Die Justierung von Relaiskontakten ist eine der kniffligsten Arbeiten für den Amateur. In Bild 18 sind verschiedene Justierwerkzeuge abgebildet. Mit Hilfe einer Ju-

stierzange (wenn nicht vorhanden, genügt auch kleine Flachzange) muß der dejustierte Kontakt so gebogen werden, daß er entsprechend seiner Aufgabe sicher schaltet. Vom Herstellerwerk aus werden die Kontakte auf einen bestimmten genormten Kontaktdruck justiert (z. B. mittleres Rundrelais – etwa 12 p für Ruhekontakt in Ruhestellung). Mit den in Bild 18 dargestellten Federwaagen kann bei Notwendigkeit nach erfolgter Justierung der Kontaktdruck überprüft werden.

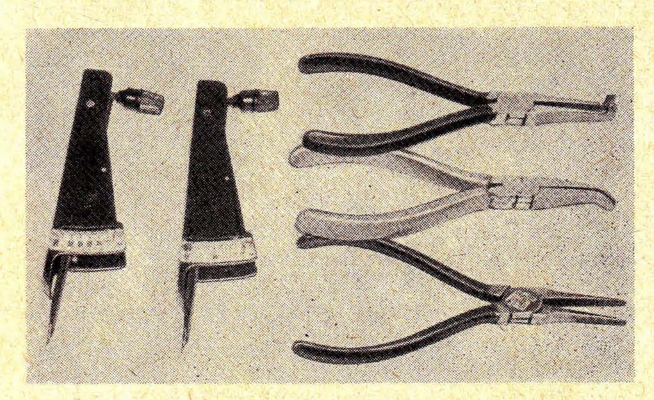


Bild 18 Federwaagen und Justierzangen

Die Justage von Telegrafenrelaiskontakten ist besonders heikel. Nach Lösen der Befestigungsschrauben (sechskantige Köpfe) können die Anschlagstellungen von Trenn- bzw. Zeichenseite geändert werden. Unter Umständen läßt sich auch ein Telegrafenrelais mit zwei Ankerruhelagen so justieren, daß es nur noch auf einer Seite Ankerruhelage hat. Werden jedoch hohe Ansprüche an das Relais gestellt (geringe Verzerrung und kleine symmetrische Schaltzeiten), so ist von einer Justierung des Kontaktes ohne oszillografischen oder stroboskopischen Verzerrungsmesser unbedingt Abstand zu nehmen.

Weitere mögliche Fehlerursachen:
Durch Feuchtigkeit können elektrolytische Zersetzungen an den äußerst dünnen Wicklungsdrähten auftreten. Solche Zersetzungen zeigen sich meist als kleine grüne Punkte an den Wicklungsenden, die zum Pluspol führen. Da die Materialwanderung von Plus nach Minus verläuft, kann bei Plus unter Umständen soviel Material abgetragen werden, daß schließlich eine Bruchstelle in der Wicklung entsteht. Aus diesem Grund ist Feuchtigkeit von Relais fernzuhalten.
Unsachgemäße Lagerung von Telegrafenrelais führt dazu, daß die Kraft der Dauermagneten nachläßt. Bei Lagerung mehrerer Telegrafenrelais muß unbedingt darauf geachtet werden, daß alle in der gleichen Richtung liegen. Günstig ist auch die Unterbringung der Relais in Behältern mit so dicken Wänden, daß schon durch den Abstand eine magnetische Beeinflussung ausgeschlossen ist.
Überströme oder *zu hohe Abschaltströme* führen zum Verbrennen der Relaiskontakte. In solchen Fällen bleibt nichts weiter übrig, als die verbrannten Kontakte gegen neue auszutauschen oder (wenn vorhanden) neue Kontaktniete einzusetzen.
Entscheidenden Einfluß auf Ein- und Ausschaltzeiten des Relais hat sein mechanischer Zustand. Wir sollten deshalb den Ankerabstand bei angedrücktem Anker (bis 0,4 mm), den Ankerhub (bis 1 mm) und die Pimpelluft (Leerlauf des Ankers in Ruhestellung) unbedingt beachten.

2.6. Entstörung von Relais

Bei Trennung von Stromkreisen durch Relaiskontakte entstehen (wie z. B. in elektrischen Weckern) Abreißfunken, die zu erheblichen Störungen des Rundfunkempfangs in der näheren Umgebung führen können. Solche Störungen sind entsprechend der Funkentstörungsordnung zu beseitigen. Wenn jedoch ein Relais entsprechend seiner Schaltaufgabe lediglich stündlich oder täglich (Dämmerungsschalter) einmal schaltet, dann ist jede Entstörungsmaßnahme überflüssig. Notwendig machen sich solche Maß-

nahmen nur bei ständig schaltenden Relaiskontakten (Relaispolwechslern, Wählern, Zerhackern usw.).
In solchen Fällen wird parallel zur Funkenstrecke, also parallel zu den sich öffnenden Relaiskontakten, ein Kondensator von 0,1 bis 2 μF geschaltet, der durch seinen geringen Widerstand für HF die entstehenden HF-Schwingungen unmittelbar ausgleicht. Nach Auftrennung des Stromkreises durch die Kontakte lädt sich der Kondensator auf und verhindert dadurch in den meisten Fällen eine Funkenbildung, entstört und trägt außerdem zur Schonung der Kontakte bei.
Bei Auswahl des Entstörkondensators muß eine bestimmte Spannungsfestigkeit beachtet werden. Nach Öffnen des Kontakts liegt die volle Betriebsspannung des Stromkreises am Kondensator (bei induktiver Last sogar ein Mehrfaches davon!).
Außerdem ist angeraten, den Kondensator in Reihe mit einem Widerstand zu schalten, der nach dem erneuten Schließen des Kontakts den sonst unvermeidlichen Kurzschluß des Kondensators über die Kontakte verhindert. Der Widerstand wird meist mit 30 bis 200 Ohm, höchstens jedoch 500 Ohm dimensioniert.
Die Bemessung für die Bauelemente der Entstörschaltung ist in jedem Fall unterschiedlich und muß am besten durch Versuch ermittelt werden. Bild 19 zeigt die Grundschaltung.
Eine weitere Schutzmaßnahme macht sich bei Einsatz von Relais in Transistorschaltungen notwendig (s. Bild 20). Die Induktivität der Relaiswicklung führt bei Wegfall des Er-

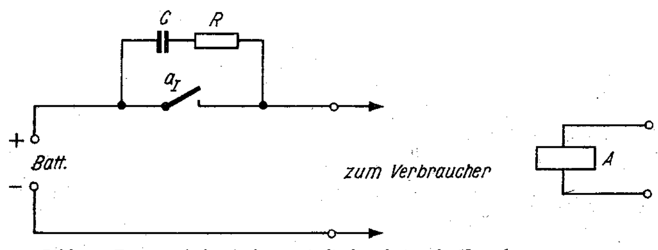


Bild 19 Entstörschaltung für periodisch arbeitende Kontakte

regerstroms zu Abschaltspannungsspitzen, die eine Gefährdung des Transistors darstellen und deshalb zu beseitigen sind. Das trifft jedoch nur für plötzlichen Wegfall des Kollektorstroms zu (also nicht für Dämmerungsschalter

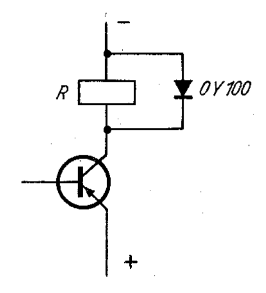


Bild 20
Überlastungsschutz für Transistoren

u. ä.). Entsprechend Bild 20 kann eine Germanium-Flächendiode parallel zur Relaiswicklung geschaltet werden. Sie ist in Sperrichtung für die Betriebsspannung, in Durchlaßrichtung für die auftretende Selbstinduktionsspannung der Relaiswicklung geschaltet und dämpft daher die letztere. Andere Dämpfungsmöglichkeiten ergeben sich durch Parallelschaltung eines Elkos (meist 0,1 μF) oder eines Widerstands. Diese Bauelemente bieten aber bei weitem keine volle Sicherheit und sind daher mit entsprechender Vorsicht zu verwenden.

2.7. Relaisdiagramm

Unter einem Relaisdiagramm versteht man die grafische Darstellung des zeitlichen Ablaufs von Schaltvorgängen in komplizierten Relaisschaltungen. Bild 21 zeigt das Relaisdiagramm des in Abschnitt 3.4.1. beschriebenen Pausenzeichengebers. Das Relaisdiagramm verdeutlicht nicht nur die Reihenfolge des Schaltens der einzelnen Relais, sondern auch die dabei auftretenden, meist unterschiedlichen Anzugs- und Abfallverzögerungen.

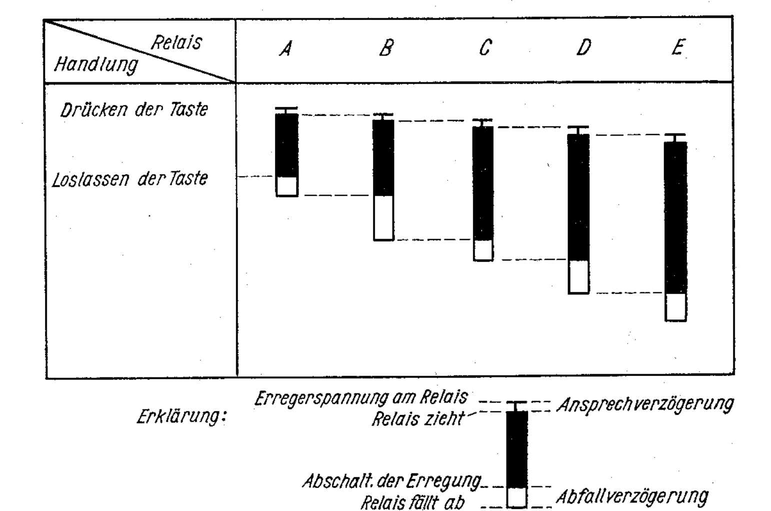


Bild 21 Relaisdiagramm des Pausenzeichengebers (3.4.1.)

3. Schaltungen mit Relais

Die auf den folgenden Seiten beschriebenen Schaltungsbeispiele sind nur einige der vielen möglichen Anwendungen von Relais. Die Reihe der aufgeführten Beispiele erhebt also keineswegs Anspruch auf Vollständigkeit und könnte in jeder Richtung weiter ergänzt werden. Da der Bastler meist nicht über ein unbeschränktes Sortiment an Relaistypen verfügt bzw. nicht immer alle Typen im Handel erhält, wurde (wo nicht die Schaltung dazu zwang) auf die Festlegung eines bestimmten Relaistyps verzichtet. Dementsprechend sind auch die Betriebsspannungen willkürlich gewählt und für den jeweiligen Relaistyp, der in die Schaltung eingesetzt werden soll, noch zu berechnen (s. 2.4.).

3.1. Grundschaltungen

Die in diesem Kapitel beschriebenen Beispiele sind die Grundlage aller Relaisschaltungen. Sie basieren jeweils auf einer der wichtigsten Kontaktarten: dem *Arbeits-*, dem *Umschalte-* und dem *Ruhekontakt.* Die zu den Schaltungen aufgeführten Anwendungsbeispiele sind nur ein verschwindend kleiner Teil der Einsatzmöglichkeiten. Gerade diese Grundschaltungen gestatten eine solche Vielfalt der Lösung von Schaltproblemen, daß der Autor es dem Bastler überlassen muß, sich die zweckmäßigste Variante für sein Problem selbst auszuwählen. So sollen auch die Beispiele lediglich zu weiteren Überlegungen anregen.

3.1.1. Arbeitskontakt

In Bild 22 ist die gebräuchlichste Relaisschaltung dargestellt: das Einschalten eines Starkstromverbrauchers durch eine kleine Steuerspannung. Die Relaissteuerspannung kann durch Batterie, Sammler oder Klingeltrafo mit anschließen-

dem Gleichrichter- und Siebteil sichergestellt werden. Wichtig ist nur, daß die Bemessung der Spannung je nach dem vorhandenen Relaistyp bzw. die Auswahl des Relais je nach der vorhandenen Steuerspannung erfolgt.
Bei Betätigung des Schalters (Sch.) zieht das Relais (R) und schließt mit seinem r_I-Kontakt den Stromkreis des Starkstromverbrauchers. Als Verbraucher ist in der Schaltung eine Glühlampe dargestellt. Es bleibt dem Bastler überlassen, ob er an Stelle der Glühlampe ein Radio, einen Motor oder

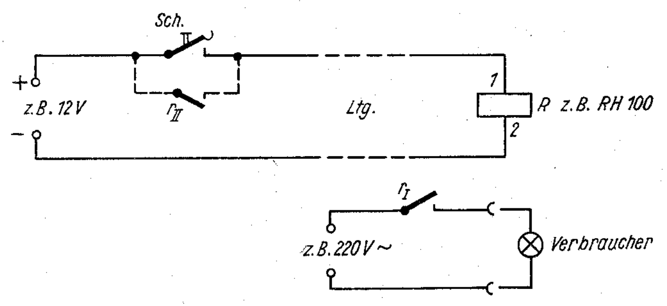


Bild 22 Einfache Relaisschaltung mit einem Arbeitskontakt

irgendeinen anderen Netzverbraucher anschließt. Man wird diese Schaltung dort verwenden, wo von einem entfernten Punkt aus ein Starkstromverbraucher eingeschaltet werden soll. Ein offensichtlicher Vorteil dabei ist folgende Tatsache: Ohne Relais macht sich eine lange Starkstromleitung mit größerem Leitungsquerschnitt (wegen des Spannungsabfalls auf der Leitung) notwendig. Die Schaltleitung für das Relais dagegen kann mit YG-Draht oder anderem Schwachstrom-Leitungsmaterial verlegt werden.
Eine andere Verwendungsmöglichkeit für die Schaltung eröffnet sich dort, wo die Schaltkontakte nicht isoliert sind und daher den Benutzer gefährden (z. B. Türkontaktschalter, Wecker als Schaltuhr usw.). Entsprechend den VDE-Vorschriften und dem sicherlich vorhandenen Lebenswillen eines jeden Bastlers müssen alle derartigen unter Netz-

spannung stehenden Teile gegen Berührung geschützt sein. In solchen Fällen stellt die Verwendung der obenstehenden Schaltung eine elegante Lösung dar, da die Kontaktelemente nur noch Batteriespannung führen und somit ohne jede Gefahr berührt werden können.
Dem Bastler bieten sich also die verschiedensten Anwendungsmöglichkeiten. Es sei hier der Fotoamateur darauf hingewiesen, daß er z. B. die gleiche Relaisschaltung benutzen kann, um bei beabsichtigtem oder auch bei unbeabsichtigtem Öffnen seiner Dunkelkammertür das Licht im benachbarten Raum auszuschalten. Er muß nur an Stelle des Schalters Türkontakte einsetzen.
Das zusätzliche Einschalten eines zweiten (gestrichelt gezeichneten) Arbeitskontakts bietet uns neue Möglichkeiten. Der Kontakt überbrückt nach Ziehen des Relais den Schalter, so daß sich das Relais nach Auftrennen des Schalters über den Kontakt r_{II} hält, der aus diesem Grund auch Selbsthaltekontakt genannt wird. Ein kurzer Steuerimpuls durch eine Taste oder ein anderes Schaltelement genügt dann, um das Relais so lange ziehen zu lassen, bis man die Relaisspannung abnimmt.
Diese Schaltung gestattet den Eigenbau einer elektrischen Schaltuhr. An der Rückwand eines Weckers wird isoliert gegen den Wecker eine Kontaktfeder so angebracht, daß bei Ablaufen des Weckerwerks der sich mitdrehende Aufziehhebel kurzzeitig mit der Kontaktfeder in Berührung kommt. Der Wecker wird an Stelle des Schalters (Schaltung Bild 20) gelegt. Dabei entsprechen Masse des Weckers und isoliert herausgeführte Feder den beiden Polen des Schalters. Je nach Wunsch kann der Bastler die Nachttischlampe oder das Radio als Netzverbraucher anschließen. Bei Ablaufen des Weckerwerks kommt der Aufziehhebel kurzzeitig mit der Kontaktfeder in Berührung. Der Erregerstromkreis für das Relais ist, wenn auch kurzzeitig, geschlossen. Das Relais zieht und hält sich über seinen Selbsthaltekontakt r_{II} bis zum Abschalten der Erregerspannung – und der Konstrukteur dieser Schaltuhr wird mit Musik geweckt! Weitere Möglichkeiten des Einsatzes von Arbeitskontakten

ergeben sich bei Lichtschranken, Dämmerungsschaltern, Alarmanlagen und dergleichen. Unterschiedlich an allen diesen Varianten ist nur die Art der Einspeisung des Erregerstroms sowie die Menge und die Art der Verbraucher. Denn selbstverständlich kann man durch ein Relais mit mehreren Arbeitskontakten gleichzeitig mehrere Verbraucher mit unterschiedlichen Betriebsspannungen steuern. So gestattet z. B. ein Relais mit drei Arbeitskontakten das gleichzeitige Einschalten eines Netzverbrauchers, einer 24-V-Klingel und eines weiteren Relais mit 12 V Betriebsspannung.

Bei Realisierung eines der obenangeführten Schaltbeispiele ist unbedingt zu beachten, daß der Verbraucher die zulässigen Ein- und Ausschaltströme der Kontakte nicht überschreitet. Die Kontakte des mittleren Rundrelais, des Flachrelais, des Thermorelais usw. sind nur bis zu etwa 1 A belastbar. Der zulässige Einschaltstrom der Kontakte des RH 95, des RH 100 sowie der Starkstromkontakte des großen Rundrelais und des Wechselstromphasenrelais beträgt etwa 10 A, der Ausschaltstrom etwa 1,5 A. Die Schaltleistungsgrenze des Kleinrelais ST 10 liegt bei 50 W.

Bei Parallelschaltung mehrerer Kontakte eines Relais multiplizieren sich diese Werte mit der Anzahl der parallelgeschalteten Kontakte. (Funkenlöschung durch Parallelschaltung eines Kondensators muß gewährleistet sein.) Beim Einschalten von Netzverbrauchern durch Relais ist zu beachten, daß, entsprechend ihren Betriebsvorschriften, nicht alle Relais dazu geeignet sind, Netzspannung zu schalten. Das zulässige Spannungspotential der Kontaktfedern gegeneinander beträgt bei mittleren Rundrelais und Flachrelais nur etwa 100 V. Diese Relais sind zwar ohne weiteres dazu geeignet, bei entsprechend kleinen Leistungen und nichtinduktiver Last auch Netzspannungen zu schalten. Dem Bastler sei jedoch angeraten, für das Steuern von Netzverbrauchern, insbesondere bei größeren Leistungen, Relais mit Starkstromkontakten, wie große Rundrelais, Zwischenrelais (z. B. RH 100) usw., zu verwenden. (Netzstromschaltende Relais grundsätzlich erden oder nullen!)

3.1.2. Umschaltekontakt

Der Begriff Umschaltekontakt ist meist schon von anderen Schaltelementen bekannt. Umschaltekontakte dienen, wie der Name sagt, zum Umschalten von Verbrauchern oder Stromquellen.
Bild 23 zeigt ein einfaches Beispiel der Anwendung solcher Kontakte. Bei Betätigen des Schalters zieht das R-Relais. Der r_I-Kontakt legt um und schaltet einen anderen Verbraucher in den Starkstromkreis.

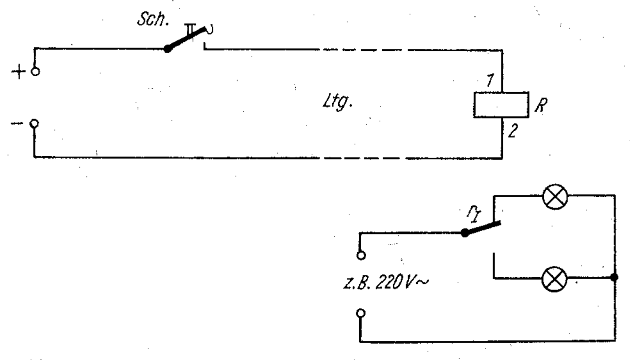


Bild 23 Einfache Relaisschaltung mit einem Umschaltekontakt

Es bieten sich zahlreiche Einsatzmöglichkeiten an, z. B.:
- Wohnzimmerbeleuchtung (Umschaltung Deckenleuchte – Stehlampe);
- Umschaltung Radio – Fernseher;
- automatische Umschaltung Netz-/Batteriebetrieb bei Kofferradios;
- in der Funkstation Umschaltung Sender–Empfänger (z. B. in der Funkstation FK 1a). In diesem Falle sind allerdings die gesteuerten Verbraucher keine Starkstromverbraucher.

Häufig ist die Umpolung von Gleichstromquellen notwendig. Ein entsprechendes Beispiel zeigt Bild 24. Über eine

Gleichstromquelle sowie über die Kontakte r_I und r_{III} wird ein Gleichstrommotor angetrieben. Betätigt man den Schalter, so zieht das R-Relais. Über die beiden Umschaltekontakte des R-Relais wird umgekehrte Spannung an den Motor gelegt, der dadurch entgegengesetzten Drehsinn bekommt.

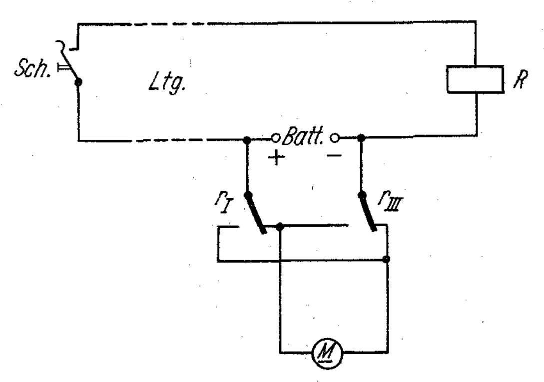


Bild 24 Umpolung von Spannungen mit Umschaltekontakten

Der Vorteil einer solchen Schaltungsanordnung liegt klar auf der Hand. Damit Schaltungsverluste vermieden werden, kann sich die Stromquelle in unmittelbarer Nähe des Motors befinden. Der geringe Stromverbrauch des Relais wird über eine Schwachstromleitung mit kleinem Querschnitt sichergestellt. Wenn die Spannung für den Motor über der Betriebsspannung des Relais liegt, müssen Vorwiderstände in den Erregerstromkreis des Relais geschaltet werden. Es besteht natürlich auch die Möglichkeit eines separaten Erregerstromkreises über eine zweite Spannungsquelle.

Vor Einbau des Relais muß bei einer solchen Schaltung jedoch unbedingt auf richtige Justierung des Umschaltkontakts geachtet werden. Es besteht die Möglichkeit, daß im Umschaltmoment die Mittelfeder des Kontakts gleichzeitig beide äußeren Kontaktfedern berührt. Diese Kontaktjustierung, auch als Schleppkontakt bezeichnet, führt zu einem

kurzzeitigen Kurzschluß der Spannungsquelle und damit durch starke Abreißfunken zur schnellen Zerstörung der Kontaktniete. Es ist also darauf zu achten, daß die Mittelfeder im Umschaltmoment kurzzeitig keine der beiden äußeren Federn berührt (sonst justieren!).
Eine Anwendung von Relaisumschaltekontakten für Funkamateure zeigt Bild 25. Für UKW- und Fernsehempfang benötigt der Amateur meist mehrere, unterschiedlich abgestimmte Antennen. Gewöhnlich werden die Antennenablei-

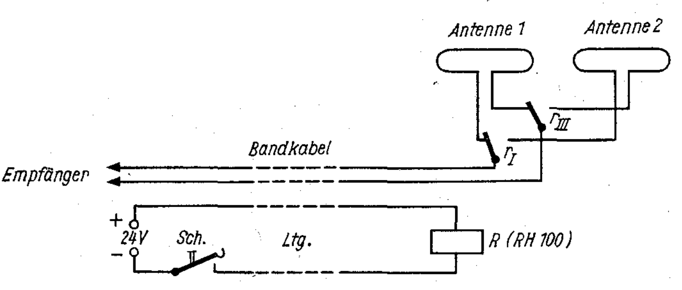


Bild 25 Antennenrelais

tungen getrennt an den Empfänger geführt. Diese Methode bringt aber verschiedene Nachteile: Einmal wird die doppelte Länge Bandkabel benötigt, was sich bei langen Antennenableitungen ungünstig auf das Portemonnaie des Amateurs auswirkt, zum anderen wird das dauernde Umstecken der Antennen am Empfänger mit der Zeit lästig. Einen Ausweg bietet die Umschaltung der Antennen mit Hilfe eines Antennenrelais (s. Bild 25).
Das Relais, das sich zweckentsprechend in unmittelbarer Nähe der Antennen befindet (auf dem Dachboden bzw. in einem wetterfesten, nichtmetallischen Gehäuse am Antennenmast), wird über Schwachstromleitung geschaltet. Die Antennen werden über 240-Ohm-Bandkabel an die äußeren Kontaktfedern der Umschaltekontakte r_I und r_{III} gelegt. Von den mittleren Federn führt das 240-Ohm-Bandkabel zum Empfänger. Je nach Schaltzustand des Relais liegt An-

tenne 1 oder 2 über die gemeinsame Ableitung am Empfänger.

Unbedingt zu beachten ist jedoch, daß nicht alle Relaistypen als Antennenrelais Verwendung finden können. Gerade im VHF-Bereich führt jede Fehlanpassung und jede auch noch so geringe Kapazität in der Leitung zur Dämpfung des Signals. Bei der Auswahl des Relais sind also Wellenwiderstand und Kapazität der Kontakte gegeneinander entscheidend. Als günstig hat sich die Verwendung des schon öfter erwähnten Zwischenrelais RH 100 erwiesen. Der Wellenwiderstand der nebeneinanderliegenden Kontaktpakete beträgt etwa 240 Ohm, wodurch günstige Anpassungsverhältnisse gegeben sind. Die Kapazität der Kontakte gegeneinander ist im Vergleich zu anderen Relaistypen durch die Kürze und den Abstand der Kontaktfedern beim RH 100 relativ klein.

In Bild 26 ist eine andere Variante der Antennenrelaisschaltung dargestellt. Hier wird das Bandkabel gleichzeitig als Erregerstromkreis für das Antennenrelais ausgenutzt. Die im Bandkabel eingeschalteten Kondensatoren sperren die Gleichspannung und lassen das VHF-Signal ungehindert durch. Die Drosseln (30 Wdg. Cu-Litze oder -Draht reichen völlig aus) sperren der VHF den Weg zum Relais und zur Spannungsquelle, setzen aber dem Erregerstromkreis des Relais nur geringen Widerstand entgegen.

Der Amateur sollte die Drosseln stets in unmittelbare Nähe des Bandkabels setzen, damit Verluste des Antennensignals vermieden werden.

Eine weitere Einzelheit der Schaltung Bild 26: zwei Rückversicherungslampen, die über den dritten Umschaltekontakt des RH 100 gesteuert werden und dem Bastler eine Kontrolle über den Schaltzustand des Relais ermöglichen. Dieser Zusatz ist jedoch nicht unbedingt erforderlich. Zu seiner Realisierung werden zwei zusätzliche Schwachstromleitungen vom Relais zum Empfänger benötigt.

Eine ebenfalls mit der Bezeichnung „Antennenrelais" belegte Schaltung findet in Amateurfunkstationen (z. B. 2-m-Band) Verwendung. Ihre Aufgabe ist es, *eine* Antenne ab-

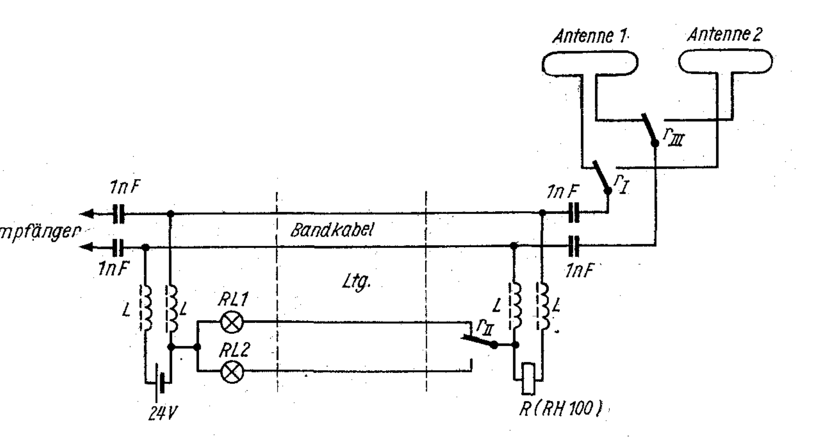


Bild 26
Antennenrelais mit Ausnutzung des Bandkabels zur Stromversorgung

wechselnd auf den Eingang des Empfängers und den Ausgang des Senders zu legen. Die Verkabelung der Kontaktanschlüsse ist ähnlich der in den obenbeschriebenen Schaltungen. An die äußeren Kontaktfedern der beiden Umschaltekontakte werden die Bandkabel zum Sender und Empfänger gelegt, an die Mittelfedern die Antennenleitung. Das Relais bringt man zweckmäßig mit im Sender unter. Die Senderöhrenspannung, die erst im Augenblick des Sendens eingeschaltet wird, dient gleichzeitig der Erregung des Antennenrelais (hohen Wicklungswiderstand der Relaiswicklung bzw. R_V beachten!).

3.1.3. Ruhekontakt

Ruhekontakte sind im Ruhezustand des Relais geschlossen. Entsprechend dieser Schaltcharakteristik eignen sie sich vorzüglich für den Einsatz in Alarm- und Sicherungsanlagen jeglicher Art. Bild 27 zeigt die Schaltung einer solchen Anlage, wie üblich im Ruhezustand. Im Betriebszustand ist das Relais gezogen, sein Ruhekontakt r_I geöffnet. Zwischen den Punkten a und b kann hauchdünner, leicht reißbarer Draht gespannt sein, können sich aber auch mehrere in Reihe geschaltete Alarmkontakte, z. B. an Fenstern und Türen, befinden. Dringt ein Unbekannter in den auf diese Art gesicherten Raum ein, so trennt er entweder durch Zer-

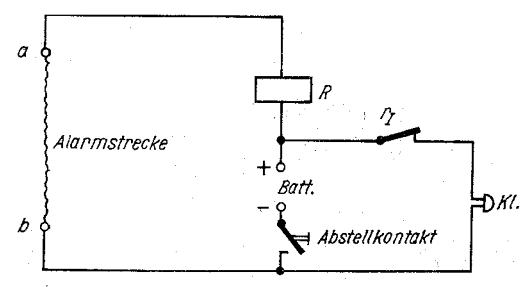


Bild 27 Raumschutzanlage

reißen des dünnen Drahtes oder aber durch Öffnen eines der in Reihe geschalteten Alarmkontakte den Stromkreis für das Relais auf, das dadurch abfällt und mit seinem Ruhekontakt r_I den Signalkreis schließt. Eine Klingel o. ä. alarmiert den Eigentümer. Wichtig ist natürlich, daß Alarmstrecke und Abstellkontakt möglichst unsichtbar verlegt werden.

Der Vorteil einer solchen Anordnung besteht darin, daß nicht nur im Gefahrenfalle, sondern auch bei Störungen in der Anlage Alarm ausgelöst wird. Alarmanlagen mit Arbeitskontakten sind wirkungslos, sobald die Leitung durchschnitten oder durch schlechten Kontakt unterbrochen worden ist.

Einen Nachteil bildet der ständig fließende Ruhestrom. Alarmanlagen werden daher vorteilhaft über Klingeltrafo mit Gleichrichterteil betrieben, wodurch allerdings bei Netzausfall die Anlage außer Betrieb gesetzt wird. Aber auch hier kann man sich helfen, indem man den im Ruhezustand stromlosen Signalkreis getrennt mit einer Batterie als Stromquelle betreibt, so daß auch bei Netzausfall eine Alarmierung erfolgen kann (s. Bild 28).

Eine zusätzliche Sicherheit ist in dieser zweiten Schaltung

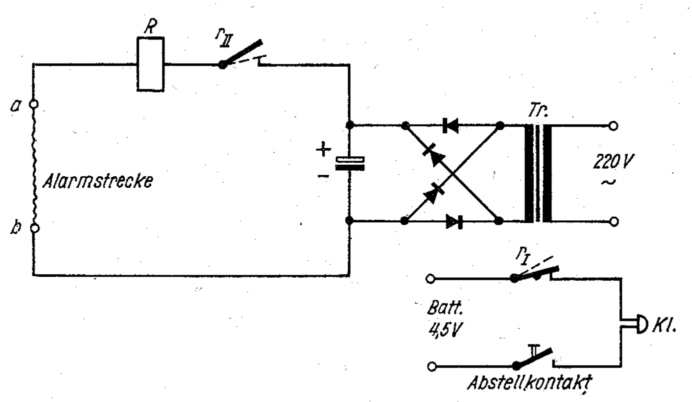


Bild 28 Raumschutzanlage mit erhöhter Sicherheit

mit dem Arbeitskontakt r_{II} gegeben. Während bei der in Bild 27 dargestellten Schaltungsordnung der Stromkreis für das Relais möglicherweise nur kurz unterbrochen und dadurch die Gefahr unter Umständen nicht erkannt wird, trennt in der zweiten Schaltung der Arbeitskontakt r_{II} das Relais so lange ab, bis man es von Hand wieder andrückt. Es ist ratsam, im Signalkreis einen besonderen Abstellkontakt für die Alarmklingel einzufügen.
Bei Ruhestromanlagen ergibt sich die Möglichkeit, nach Ziehen des Relais nur noch den Haltestrom fließen zu lassen; dadurch wird Strom gespart. Diese Variante ist besonders dann vorteilhaft, wenn man auch den Erregerstromkreis des Relais durch Batterie oder Sammler sicherstellt (s. unter 3.2.4.).

3.2. Einige Schaltungskniffe

Die nachfolgend beschriebenen Schaltungen stellen Details dar, die bei der Lösung vieler Schaltaufgaben von Nutzen sind bzw. elegantere Lösungen erlauben.

3.2.1. Verzögern von Relais

Grundsätzlich unterscheiden wir zwei Arten der Verzögerung. Die Anzugsverzögerung eines Relais ist die Zeit zwischen dem Einschalten der Erregerspannung und der Betätigung der Kontakte. Dementsprechend ist die Abfallverzögerung die Zeit zwischen Abschalten der Erregerspannung und Abfallen der Relaiskontakte. Auf Grund ihrer elektrischen und mechanischen Trägheit haben ausnahmslos alle Relais eine bestimmte Verzögerung, wobei die Anzugsverzögerung meist kleiner ist als die Abfallverzögerung. Wie man einerseits bestimmte Relaistypen mit sehr kleinen Schaltzeiten benötigt (z. B. Telegrafenrelais), so braucht man andererseits bei bestimmten Schaltaufgaben auch Relais mit starker Verzögerung (z. B. Thermorelais).

In gewissen Grenzen lassen sich durch bestimmte Methoden auch Änderungen der Anzugs- und Abfallzeiten von normalen Rund- und Flachrelais erreichen. Die Anwendung solcher Methoden wird sich z. B. in Schaltungen nötig machen, wo mehrere Relais gleichzeitig Ansprecherregung erhalten (ihrer Schaltaufgabe gemäß aber zeitlich unterschiedlich ziehen müssen), oder in periodisch arbeitenden Schaltungen zur Beeinflussung der Schaltfrequenz.
Die Mehrzahl der Verzögerungsmethoden hat gleichzeitig Einfluß sowohl auf die Anzugs- als auch auf die Abfallverzögerung. Nachfolgend die gebräuchlichsten Methoden:
Veränderung der Stärke von Klebstiften bzw. -blechen – Dünnere Klebbleche bzw. -stifte führen zu größeren Abfallzeiten, da das remanente Haften des Ankers nach Aufhören der Erregung verlängert wird. Die Ansprechzeit des Relais kann durch diese Methode nur unwesentlich geändert werden.
Kupfermantel bzw. -wicklung um den Relaiskern – Um den Spulenkern wird ein Kupfermantel aus Blech oder blankem Draht gelegt. Je dicker der Kupfermantel, um so größer die Schaltzeiten.

1 mm Kupfermantel etwa 200 ms Abfallverzögerung
2 mm Kupfermantel etwa 300 ms Abfallverzögerung
3 mm Kupfermantel etwa 400 ms Abfallverzögerung

(Die genannten Abfallzeiten gelten für Relais mit einem Kontaktsatz.)
Die größtmögliche Verzögerung bei Anwendung dieser Methode entspricht 400 ms Abfallzeit und 60 ms Ansprechzeit.
Windungszahl des Relais – Ein Relais mit wenigen Windungen spricht schneller an als eines mit vielen Windungen, obwohl beider Amperewicklungszahlen gleich sind. Im Einschaltmoment wirkt die Selbstinduktion in der Relaiswicklung der Erregung entgegen (hohe Windungszahlen – große Selbstinduktion). Hier bietet sich also eine Möglichkeit, die Ansprechzeit des Relais gesondert zu beeinflussen. Von zwei Relais mit verschiedenen Windungszahlen zieht in Reihenschaltung das mit der größeren, bei

Parallelschaltung das mit der kleineren Windungszahl früher an.

Amperewindungszahl des Relais – Hohe Amperewindungszahlen führen zu kurzen, kleine Amperewindungszahlen zu längeren Schaltzeiten. Bei Anwendung dieser Methode muß aber unbedingt beachtet werden, daß der notwendige Anzugsstrom für das Relais nicht unterschritten wird.

Kurzschließen der Erregerwicklung – Entsprechend Bild 29a schließt der die Erregung unterbrechende Schalter bzw. Kontakt gleichzeitig die Erregerwicklung des A-Relais kurz. Durch die Induktivität der Wicklung entstehen Abfallverzögerungen bis zu 100 ms. Das gleiche Prinzip liegt der in Bild 29b dargestellten Schaltung zugrunde. Je kleiner der Widerstand, um so größer die Abfallverzögerung (erreichbare Verzögerung etwa 80 ms). Man sollte also den Widerstand unter Beachtung der zusätzlichen Belastung der Stromquelle möglichst klein wählen.

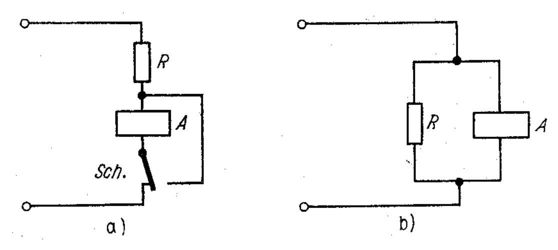


Bild 29 Abfallverzögerung durch
a) Kurzschluß der Erregerwicklung
b) parallelgeschalteten Widerstand

Gegeneinandergeschaltete Wicklungen (Differentialrelais) – Bei gegeneinandergeschalteten Wicklungen wirkt die Differenz der Amperewindungszahlen beider Wicklungen. Neben anderen Anwendungsmöglichkeiten können solche „Differentialrelais" für Anzugsverzögerungen bis zu 60 ms verwendet werden (Näheres s. unter 3.2.3.).

Kurzgeschlossene Zweitwicklung – Das Kurzschließen einer Zweitwicklung entsprechend Bild 30 führt zu Anzugsver-

zögerungen bis zu 200 ms. Legt man an Stelle des Kurzschlusses ein Potentiometer an beide Klemmen der Zweitwicklung, so lassen sich diese Verzögerungen stufenlos regeln. Die Methode wird daher gern in Polwechslern zur Regulierung der Schaltfrequenz angewandt.

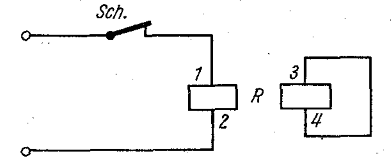


Bild 30 Schaltverzögerung durch kurzgeschlossene Zweitwicklung

Parallelgeschalteter Kondensator – Ein entsprechend Bild 31a parallel zur Wicklung geschalteter Elektrolytkondensator lädt sich bei angelegter Erregerspannung auf. Wird jetzt die Erregung unterbrochen, so entlädt sich der Kondensator über die Relaiswicklung. Das Relais hält sich bis zur fast völligen Entladung des Elkos.
Die auf diese Art entstandene Abfallverzögerung ist abhängig von dem Widerstand der Erregerwicklung und der Kapazität des Kondensators. Je größer Widerstand und Kapazität, um so länger die Abfallzeit des Relais.
Die Abfallverzögerung entspricht ungefähr der Zeitkonstanten τ für die Entladung des Kondensators:

$$\tau = C \cdot R_v \ [s],$$
$$t_{Abfall} \approx C \cdot R_v \ [s].$$

In unserem Beispiel Bild 31a ergibt sich also eine Abfallverzögerung von $t_{Abfall} = 500 \cdot 10^{-6} \cdot 20 \cdot 10^3$ ⟨s⟩, d. h. etwa 10 s.
Die Abfallzeit des Relais kann durch zusätzliches Einschalten eines Widerstands weiter verzögert werden (s. Bild 31b). Der Wert dieses Widerstands sollte jedoch nicht über dem des Innenwiderstands der Erregerwicklung liegen, da im Entladestromkreis des Kondensators sonst nicht mehr der für das Relais notwendige Haltestrom fließen kann.

RC-Glied – Anzugsverzögerungen sind relativ schwer zu verwirklichen. In diesem Sinne stellt die in Bild 31c dargestellte Schaltungsanordnung eine recht günstige und einfache Lösung dar. Bei Stromfluß wird der Elko über den Widerstand verzögert aufgeladen; dann erst zieht das Relais. Bei Wegfall der Erregung verursacht der parallelgeschaltete und jetzt aufgeladene Kondensator eine Abfallverzögerung. Mit den in Bild 31c angegebenen Werten ergeben sich Anzugs- und Abfallverzögerungen von je 5 s.

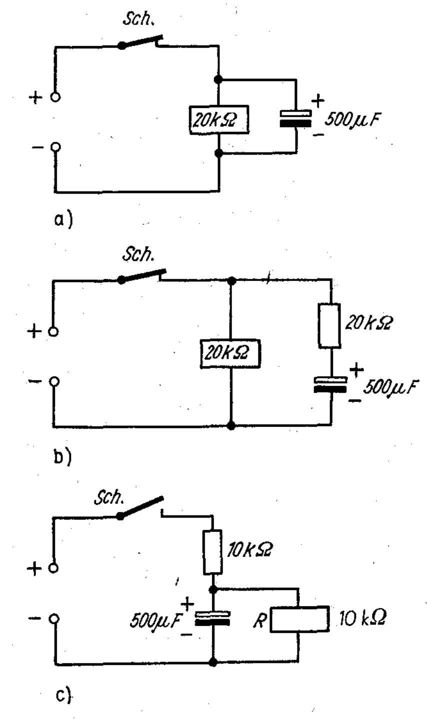


Bild 31 a) Starke Abfallverzögerung durch Kondensator
b) zusätzliche Abfallverzögerung durch Reihenschaltung Kondensator–Widerstand
c) Anzugs- und Abfallverzögerung durch RC-Glied

Zweitwicklung mit Kondensator – Bei entsprechender Bemessung der in Bild 32 dargestellten Schaltung hat das R-Relais Ansprechverzögerungen bis zu 10 s und Abfallzeiten bis zu 20 s.

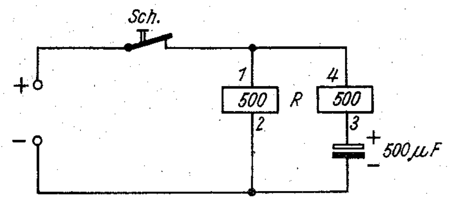


Bild 32 Relaisschaltung mit extrem hoher Ansprech- und Abfallverzögerung

Nach Betätigen des Schalters fließt – bis der Elko aufgeladen ist – in beiden Wicklungen des Relais (entgegengesetzten Wicklungssinn beachten!) entgegengesetzter Strom. Sind die Amperewindungszahlen beider Wicklungen gleich oder annähernd gleich, dann heben sich die magnetischen Kräfte auf. Erst nachdem der Kondensator geladen ist, zieht das Relais über die Wicklung 1–2. Die Ansprechzeit entspricht ungefähr dem Produkt aus der Kapazität des Elkos und dem Widerstand der Wicklung 3–4 (in unserem Beispiel etwa 250 bis 300 ms). Nach Abschalten der Erregerspannung entlädt sich der Elko über beide Wicklungen. Das Relais hält sich bis beinahe zur völligen Entladung des Kondensators. Die Abfallzeit entspricht etwa dem Produkt aus Kapazität und Summe beider Wicklungswiderstände (in unserem Beispiel etwa 500 ms).
Dieses Verhalten des Relais resultiert daraus, daß für die Spannungsquelle die Relaiswicklungen entgegengesetzten, für den Elko jedoch gleichen Wicklungssinn haben.
Der Bastler wird diese Schaltung dort anwenden, wo extrem hohe Schaltzeiten erforderlich sind (z. B. Blinklichtgeber).

3.2.2. Wechselstromrelais

Für alle Ruhestromanlagen bzw. periodisch arbeitenden Relaisschaltungen, im weitesten Sinne also für sämtliche stationären Anlagen, wird man wegen des relativ hohen Stromverbrauchs der Relais bestrebt sein, die Stromversorgung über Netzteil sicherzustellen. Für Wechselstromspeisung sind jedoch lediglich die bereits beschriebenen Wechselstromphasen- und Thermorelais geeignet. Beschickt man ein Gleichstromrelais mit Wechselstrom, so „flattert" der Anker im Rhythmus der Frequenz des Wechselstroms. Neben der normalerweise gebräuchlichen Gleichspannungserzeugung mit Trafo, Graetz-Gleichrichter und Siebteil gibt es einige weniger bekannte Methoden der Beschaltung von Relais in Wechselstromkreisen:

Relais mit Masseanker – Bei dieser heute kaum noch verwendeten Methode wird dem Anker des Relais durch größere Masse eine mechanische Trägheit gegeben, die das Flattern des Relais verhindert.

Einweg-Gleichrichtung (Bild 33a) – Das R-Relais wird durch Parallelschaltung eines Kondensators (Bild 31a) abfallverzögert (bei 50 Hz bis zu 30 ms) und vermag deshalb, seinen Anker während der Zeit zwischen zwei gleichgerichteten Halbwellen der Wechselspannung sicher zu halten.

Zweiweg-Gleichrichtung (Bild 33b) – Durch die Gegeneinanderschaltung beider Wicklungen des R-Relais wirkt während der beiden Halbwellen einer Phase gleiche elektromagnetische Kraft auf den Anker. Zur Vermeidung des Ankerklirrens wird auch in diesem Fall die Parallelschaltung von Kondensatoren in den Relaiswicklungen empfohlen.

Graetz-Schaltung (Bild 33c) – Das Prinzip dieser Schaltung dürfte bekannt sein. Interessant ist lediglich die Reihenschaltung eines Kondensators mit dem Ziel, die Spannung für das Relais zu mindern. Die Anwendung eines solchen unbelasteten Spannungsteilers – bestehend aus Kondensator und Relaiswicklung – ist gerade bei direkt am

Netz liegenden Relais oft sehr vorteilhaft (Vermeidung des Ankerklirrens s. oben).

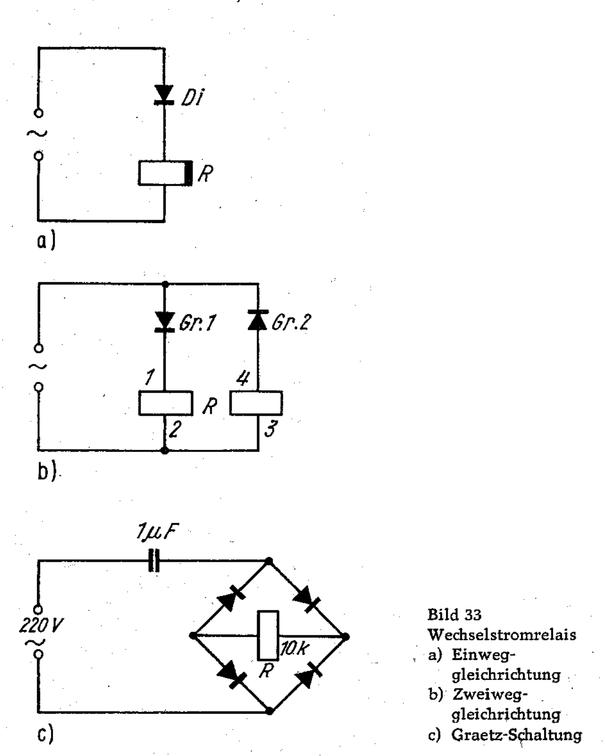


Bild 33
Wechselstromrelais
a) Einweggleichrichtung
b) Zweiweggleichrichtung
c) Graetz-Schaltung

Zum besseren Verständnis nun noch einige Anwendungsmöglichkeiten für solche „Wechselstromrelais":

Notstromrelais für Netzausfall (Bild 34a) – Bei Netzausfall schließt der Ruhekontakt r_I durch Abfallen des R-Relais den Stromkreis für die Notstromverbraucher. Aus Kino und Theater sind solche Anlagen bestimmt jedem bekannt.

Alarmschaltung bei Sicherungsausfall (Bild 34b) – Wenn die Sicherung durchbrennt, wird gleichzeitig der Kurzschluß für die Wicklung des R-Relais beseitigt. Das R-Relais

zieht und bringt mit seinem Arbeitskontakt einen Alarmwecker zum Ansprechen.

Unterdrückung der Einschaltstromspitze (Bild 34c) – Bei Transformatoren größerer Leistung entsteht im Augenblick des Einschaltens der Primärspannung ein sehr hoher Einschaltstromstoß, dem meist die Netzsicherung nicht gewachsen ist. Bei der in Bild 34c dargestellten Schaltung liegt die Netzspannung anfangs über einen Widerstand (20 bis 30 Ohm, 10 bis 20 W) an der Primärwicklung. Wenn das R-Relais nach 20 bis 30 ms zieht und den Widerstand überbrückt, dann ist die Einschaltstromspitze bereits stark gedämpft.

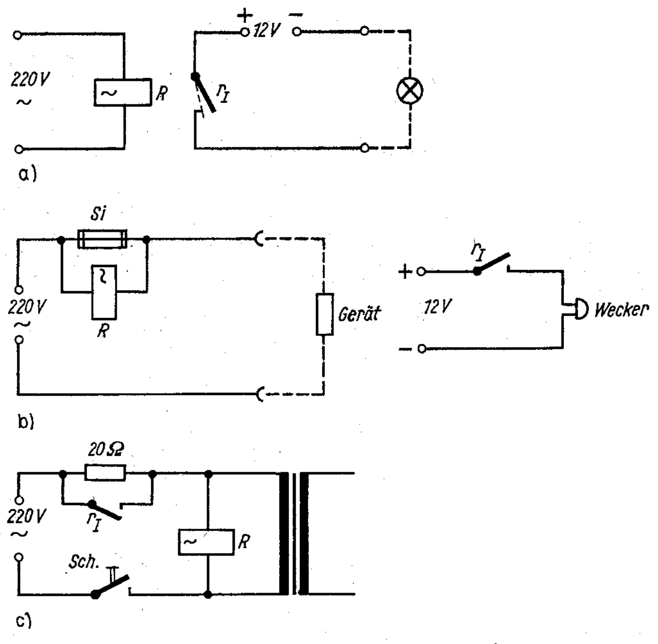


Bild 34 Praktische Anwendung von Wechselstromrelais
a) Notstromschaltung
b) Alarm bei defekter Sicherung
c) Unterdrückung der Einschaltstromspitze bei Netztransformatoren

3.2.3. Differentialschaltung

Grundsätzlich lassen sich nur Relais mit mindestens zwei Wicklungen in Differentialschaltungen verwenden (in der Regel also Telegrafenrelais, Flachrelais; seltener mittlere Rundrelais).
Entsprechend Bild 35 sind beide Wicklungen gegeneinandergeschaltet. Bei Stromfluß in beiden Relaiswicklungen ist das auf den Anker wirkende Magnetfeld gleich der Differenz der beiden von den Teilwicklungen erzeugten Magnetfelder. Je nach Schaltaufgabe kann mit einer oder, wie in Bild 35 dargestellt, mit zwei Stromquellen gearbeitet werden.

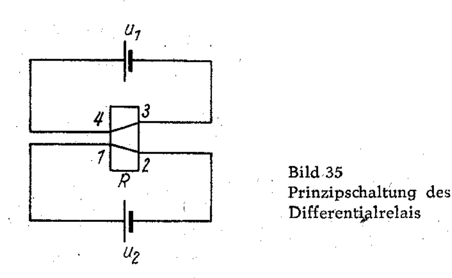


Bild 35
Prinzipschaltung des Differentialrelais

Die Vielzahl der praktischen Anwendungsmöglichkeiten läßt sich grob wie folgt untergliedern:

- *Die Differenz der Teilfelder ist so stark, daß der Anker mit Sicherheit zieht;* Anwendung: Anzugsverzögerung bis zu 60 ms. (Bedingung: gleichzeitige Erregung beider Wicklungen.)
- *Die Differenz der Teilfelder ist gerade so stark, daß der Anker nicht zieht, jedoch im gezogenen Zustand gehalten wird.* Diese Schaltung wird dort eingesetzt, wo das Ziehen, Halten bzw. Abfallen eines Relais von mehreren, voneinander unabhängigen Stromkreisen abhängig gemacht werden soll.
- *Beide Teilfelder sind gleich groß. Wenn beide Wicklungen von Strom durchflossen werden, heben sich die*

Magnetfelder gegenseitig auf. Ein Teilfeld allein jedoch reicht aus, um den Anker des Relais mit Sicherheit zu ziehen. Eine solche Bemessung der Teilströme führt zu recht guten Lösungen, wenn die Schalttätigkeit des Relais von zwei, meist voneinander unabhängigen Bedingungen abhängig gemacht wird. Das Relais zieht, wenn jeweils eine der Bedingungen gegeben ist, und fällt ab, wenn keine zutrifft bzw. beide gegeben sind.
Diese Schaltcharakteristik ist typisch für eine der bei kybernetischen *Aufgabenstellungen und in der* Rechentechnik verwendeten „logischen Schaltungen", für das „Oder-Gatter". Gerade mit der Kybernetik eröffnen sich neue interessante Anwendungsgebiete für das Relais.

3.2.4. Stromsparende Schaltung

In batteriebetriebenen *Anlagen stellen Relais*, die entsprechend ihrer Schaltaufgabe längere Zeit gezogen bleiben, auf die Dauer eine relativ große Belastung für Batterie oder Akku dar. Bei transportablen Geräten bzw. bei Funkfernsteuerung von Modellen tritt diese Frage besonders in den Vordergrund, da hier aus Platzmangel meist auf stärker belastbare Stromquellen verzichtet werden muß. In solchen Fällen bieten die in Bild 36 dargestellten Schaltungen willkommene *Gelegenheit, Strom zu sparen.* Beide basieren in ihrer Wirkungsweise auf der bereits bekannten Tatsache, daß zum Halten von Relais weit weniger Strom benötigt wird als zum Anziehen.
Reihenschaltung Relais–Widerstand (Bild 36a) – Im Ruhezustand überbrückt ein Ruhekontakt des Relais den Widerstand. Bei Einschalten des Erregerstromkreises liegt die volle Spannung am Relais, das damit den notwendigen Anzugsstrom erhält. Beim Betätigen des Ankers jedoch öffnet der r_I-Kontakt und legt den Widerstand in Reihe mit der Relaiswicklung. Der Widerstand muß so bemessen sein, daß das Relais nur noch den unbedingt notwendigen Haltestrom erhält. In der Praxis kann der Vorwiderstand bei

Rundrelais so groß wie der Wicklungswiderstand, bei Flachrelais doppelt so groß bemessen werden.

Reihenschaltung einer Zweitwicklung (Bild 36b) – An Stelle des Widerstands wird im Augenblick des Ziehens eine zweite Wicklung des Relais in Reihe geschaltet. Da die gesamte Energie weiterhin auf die Relaiswicklungen wirkt, ist diese Methode weit vorteilhafter als die zuvor beschriebene, bei der die Hälfte der Leistung am Widerstand verlorengeht.

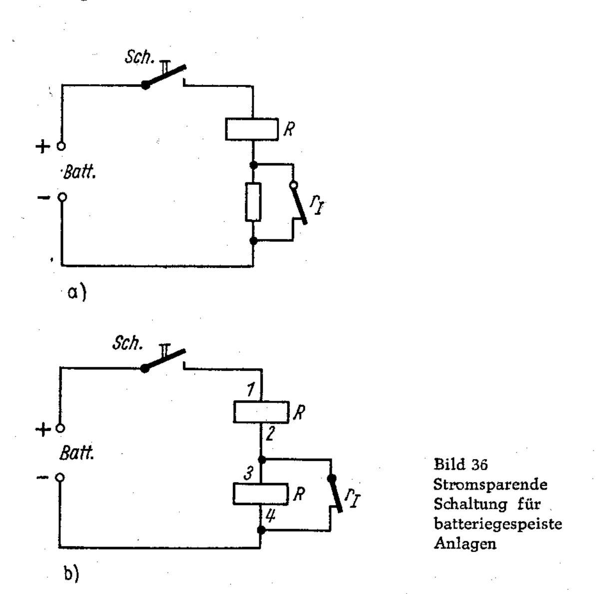


Bild 36
Stromsparende Schaltung für batteriegespeiste Anlagen

Da die Wicklungskörper der Relais nur eine begrenzte Anzahl von Windungen aufnehmen können, ist es leider nicht möglich, den Strom nach Ziehen des Relais fast unbegrenzt kleinzuhalten. Praktisch kann der Strom bis zu einem Zwanzigstel des Ansprechstroms reduziert werden. Viele Flachrelaistypen und einige mittlere Rundrelais sind mit entsprechend hochohmigen Zweitwicklungen ausgestattet.

3.3. Relaispolwechsler

Relaispolwechsler bzw. Unterbrecher finden überall dort Anwendung, wo Stromimpulse oder Kontaktbetätigungen in bestimmter zeitlicher Reihenfolge gewünscht werden. Ihre Anwendung erstreckt sich, je nach der Frequenz der Stromimpulse, vom Blinklichtgeber bis zur Erzeugung transformierbarer Wechselspannungen.

3.3.1. Relaispolwechsler mit einem Relais (Bild 37)

Das R-Relais besitzt zwei, und zwar möglichst gleichohmige Wicklungen. Wird der Schalter (Sch.) betätigt, dann durchfließt der Strom beide Wicklungen bis zur fast völligen Aufladung des Kondensators. Erst dann zieht das Relais über die Wicklung 1–2. Ein Ruhekontakt des Relais (r_I) trennt die Betriebsspannung ab. Von diesem Augenblick an entlädt sich der Kondensator über beide Wicklungen, so daß das Relais noch einige Zeit gezogen bleibt. Nach Abfallen des Relais wiederholt sich der gesamte Vor-

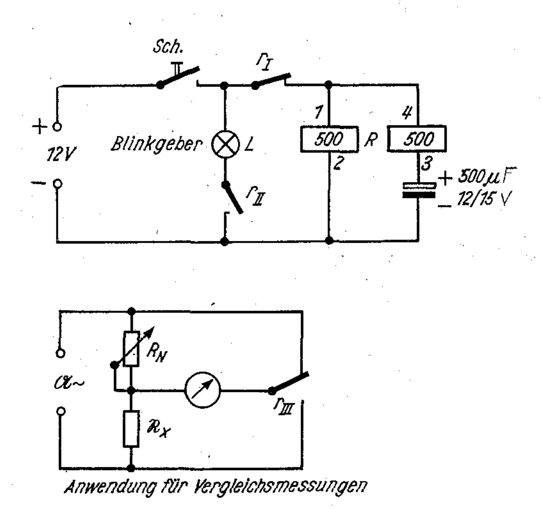


Bild 37 Relaispolwechsler mit einem Relais

gang periodisch. Das Relais führt bis zur Auftrennung des Stromkreises durch den Schalter (Sch.) periodische Kontaktbetätigungen aus, deren zeitliche Aufeinanderfolge durch Kapazität des Kondensators und Wicklungswiderstand der Relaiswicklungen bestimmt wird (s. auch 3.2.1.: Verzögerung durch Zweitwicklung mit Kondensator).

Die in Bild 37 angegebene Bemessung der Bauelemente ergibt eine Schaltfrequenz von etwa 1 Hz, wobei die Zeit des Ankeranzugs etwa doppelt so lang wie die des Abfalls ist. Bei anders dimensionierten Bauelementen sind mit dieser Schaltung Schaltfrequenzen von etwa 5 Hz bis zu 0,04 Hz erreichbar. Für mehr als 5 Hz sollte man diese Schaltung nicht auslegen, da der Anker dann leicht zum Flattern neigt.

Solche Langsamunterbrecher können zur Stromversorgung periodisch zu betätigender Verbraucher aller Art benutzt werden. Eine spezielle Anwendung ist der Blinklichtgeber, wie er in Kraftfahrzeugen bzw. zur Signalisierung eines bestimmten Zustands in elektrischen und mechanischen Anlagen überall Einsatz findet. Sie arbeiten überdies sicherer und sind langlebiger als die handelsüblichen Blinklichtgeber für Krafträder.

Eine andere interessante Anwendung, die Möglichkeit der einfacheren Durchführung von Vergleichsmessungen, ist in Bild 37 prinzipiell dargestellt. Vergleichsmessungen sind etwas ungenauer als Brückenmessungen. Dafür sind sie leichter, billiger und schneller aufzubauen, und die Messungen lassen sich einfacher und in kürzerer Zeit durchführen. In der Regel vergleicht man die unbekannte Größe mit einer veränderbaren bekannten Größe. Es soll z. B. der Betrag eines Scheinwiderstands R_x gesucht werden. Der unbekannte Scheinwiderstand wird in Reihe mit einem reellen veränderlichen Widerstand R_n geschaltet. Sind in dieser Reihenschaltung die beiden Teilspannungen gleich groß, so ist, wie man leicht aus dem Vektordiagramm erkennen kann, der Betrag des unbekannten Widerstands gleich dem Widerstandswert des R_n. Wird das Instrument vor der Messung auf Vollausschlag geeicht, so kann man

aus der Zeigerstellung des Reglers R_n im Zustand $U_{R_n} = U_{R_x}$ auch die Phasenverschiebung des R_x ablesen. In ähnlicher Art lassen sich Frequenzmessungen durchführen. Damit das ständige manuelle Umschalten des Meßinstruments auf die beiden Vergleichsgrößen vermieden wird, setzt man als periodischen Umschalter vorteilhaft den obenbeschriebenen Langsamunterbrecher ein (günstige Schaltfrequenz etwa 2 bis 3 Hz; bei trägen Meßinstrumenten weniger).

3.3.2. Relaispolwechsler mit zwei Relais

Die in Bild 38 dargestellte Relaispolwechslerschaltung arbeitet mit einer Eingangs-Gleichspannung von 6 V und gibt je nach Übersetzungsverhältnis des Transformators eine Ausgangswechselspannung von 20 bis 100 V mit einer Frequenz von etwa 20 bis 25 Hz ab. Als Relais wurden zwei

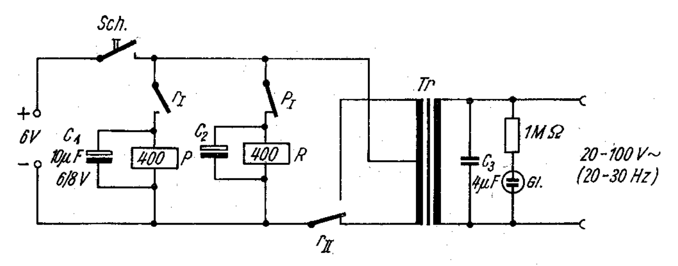


Bild 38 Relaispolwechsler mit zwei Relais

mittlere Rundrelais BV-Nr. 4722:30−554 eingesetzt. Für andere Eingangsspannungen müssen dementsprechend andere Relais genommen werden. Bei höheren Spannungen kann man sich auch durch Einfügen von Vorschaltwiderständen behelfen.

Solche Schaltungen (in älteren Fernsprechanlagen zur Erzeugung der Rufwechselspannung verwendet) bilden eine bequeme Möglichkeit, geringe Gleichspannungen in transformierbare Wechselspannungen umzuformen. Ohne Ausgangstrafo eignen sie sich zum schrittweisen Schalten von Drehwählern.

Zur Funktion des Relaispolwechslers: Nach Betätigung des Schalters bekommt das R-Relais über den p_I-Kontakt Erregung. Der r_I-Kontakt bringt das P-Relais zum Ansprechen. Der p_I-Kontakt öffnet und läßt das R-Relais verzögert (C_2) abfallen. Der r_I-Kontakt öffnet, wodurch das P-Relais verzögert (C_1) abfällt. Der gesamte Vorgang wiederholt sich periodisch.

Die Schaltfrequenz kann durch Dimensionierung der Elkos C_1 und C_2 beeinflußt werden.

Der rhythmisch arbeitende r_{II}-Kontakt legt den Minuspol der Gleichspannung abwechselnd auf beide Enden der Primärwicklung des Trafos. Da am Mittelabgriff dieser Wicklung der Pluspol der Batterie liegt, erfolgt im Transformator eine dauernde Änderung der Richtung des magnetischen Flusses. In der Sekundärwicklung wird eine Wechselspannung induziert, deren Höhe durch das Übersetzungsverhältnis des Trafos bestimmt ist. Der Kondensator C_3 glättet die entstehenden Schaltspitzen. Kontrollmöglichkeit ist durch Einschalten einer Glimmlampe gegeben (Zündspannung beachten!). An Stelle der Elkos C_1 und C_2 kann auch eine andere Möglichkeit der Abfallverzögerung gewählt werden:

Zweckmäßig ist der Einsatz von Relais mit Zweitwicklungen, die über Potentiometer (0 bis 40 Ohm) annähernd kurzgeschlossen werden. Durch Verstellen dieser Potentiometer kann die Schaltfrequenz des Relaispolwechslers in gewissen Grenzen stufenlos geregelt werden.

Betreibt man die Schaltung mit Thermorelais und ohne nachgesetzten Transformator, so ergibt sich eine Schaltfrequenz von 0,5 Hz bis zu 0,2 Hz (verwendbar für Blinklichtgeber u. a.).

Bei der Schaltung Bild 38 wurden alle Entstörungsmaßnahmen der Übersichtlichkeit halber weggelassen. Es muß aber darauf hingewiesen werden, daß solche periodisch arbeitenden Relaisschaltungen erhebliche Funkstörungen hervorrufen können, so daß auf den zusätzlichen Einbau von Entstörungskondensatoren parallel zu den Kontakten (gemäß Bild 19) meist nicht verzichtet werden darf.

3.3.3. Wechselrichter mit Telegrafenrelais

Entsprechend der größeren Schaltgeschwindigkeit von Telegrafenrelais ergeben sich bei ihrem Einsatz in Polwechslerschaltungen auch höhere Frequenzen. Die in Bild 39 dargestellte Schaltung, dimensioniert für das Telegrafenrelais 0373.001 – 51218, formt die 12-V-Gleichspannung in eine Wechselspannung (etwa 150 Hz) um. Je nach Übersetzungsverhältnis des nachgesetzten Trafos wird die Ausgangsspannung 20 bis 100 V betragen.

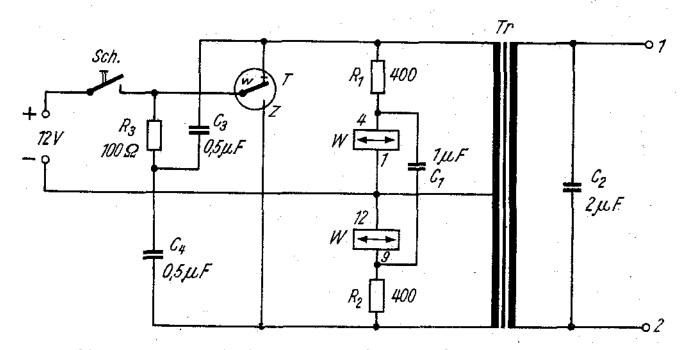


Bild 39 150-Hz-Wechselrichter mit Telegrafenrelais

Die Frequenz ist in geringen Grenzen regelbar, indem man den Kondensator C_1 anders dimensioniert bzw. den Ankerweg des Telegrafenrelais verändert. Die RC-Kombination R_3, C_3 und C_4 dient der Entstörung, der Kondensator C_2 wiederum der Bedämpfung der Schaltspitzen.

3.4. Periodisch arbeitende Relaisschaltung

3.4.1. Periodisch arbeitende Relaisschaltung mit mehreren Relais

Die in Bild 40 dargestellte Schaltung kann äußerst vielfältig eingesetzt werden, z. B. zu Reklamezwecken, als Pau-

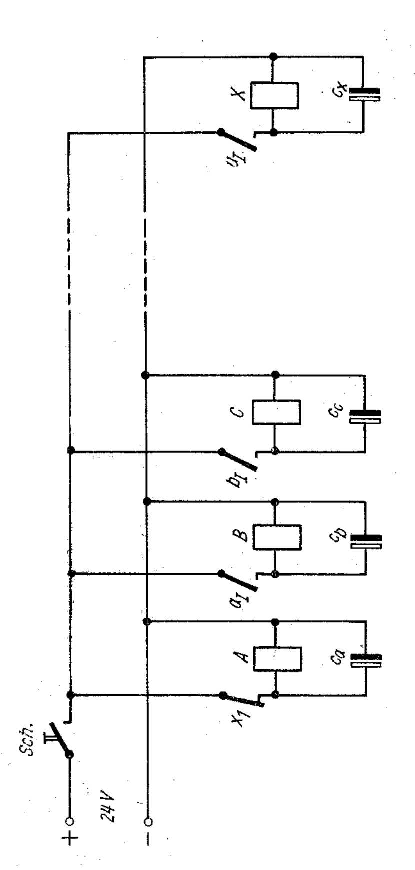


Bild 40 Periodisch arbeitende Relaisschaltung mit mehreren Relais

senzeichengeber, in Modelleisenbahnen u. ä. Nach Betätigung des Schalters (Sch.) zieht über den Ruhekontakt des X-Relais das A-Relais; der nun geschlossene a_I-Kontakt bringt das B-Relais, der b_I-Kontakt das C-Relais usw. Die Anzahl der Relais wird durch die Schaltaufgabe bestimmt. Theoretisch können unbegrenzt viele Relais parallelgeschaltet werden. Das letzte Relais, in unserem Falle das X-Relais, trennt mit seinem Ruhekontakt die Erregung für das A-Relais ab. Mit der durch die Kapazität der Elkos gegebenen Verzögerung fallen nacheinander alle Relais wieder ab. Da am Schluß der Ruhekontakt des letzten Relais die Erregerspannung wieder an das erste legt, ergibt sich eine ständige Wiederholung des gesamten Vorgangs.
Zugunsten der Verzögerungszeiten sollte man Relais mit möglichst hohen Wicklungswiderständen wählen. Beim Versuchsaufbau wurden mittlere Rundrelais BV-Nr. 4722:30–89 (Wicklungswiderstand 2,3 kOhm) eingesetzt.
Vorteilhaft lassen sich auch Flachrelais verwenden, die vielfach relativ hohe Wicklungswiderstände aufweisen.
Wenn man, wie es zweckmäßig ist, die gesamte Schaltung mit dem gleichen Relaistyp bestückt, werden die notwendigen, eventuell unterschiedlichen Verzögerungszeiten durch entsprechende Bemessung der Elkos C_a bis C_x erreicht. Möglich sind Verzögerungen bis zu 20 s. Je nach Verwendungszweck werden die restlichen Kontakte der Relais zu den unterschiedlichsten Kontaktkombinationen zusammengeschaltet. Ein Beispiel dafür gibt die in Bild 41 dargestellte Pausenzeichengeberschaltung für den Magnetbandamateur, der die bereits von Bild 40 bekannte Relaisschaltung zugrunde liegt. An Stelle des x_I-Kontakts wird eine Taste eingebaut, bei deren Betätigung die Relais anziehen. Nach Loslassen der Taste fallen die Relais, wie es für den Pausenzeichengeber wünschenswert erscheint, nur einmal ab. Die Relaiskontakte legen nacheinander verschiedene Kapazitäten in die frequenzbestimmenden Wege eines Multivibrators, der dadurch im Rhythmus des Abfallens der Relais Signale verschiedener Frequenz an den Eingang des Magnetbandverstärkers gibt.

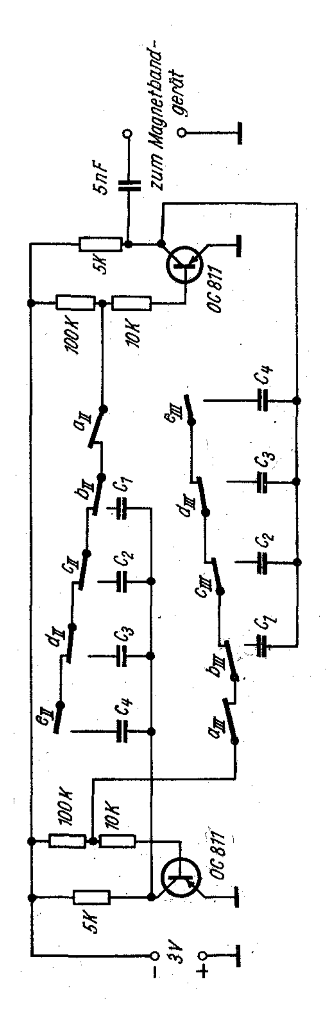


Bild 41 Anwendung als Pausenzeichengeber

Bei geeigneter Bemessung der Kondensatoren und genügender Anzahl parallelgeschalteter Relais lassen sich auf diese Art Melodien erzeugen. Die Länge der Einzeltöne wird durch die Verzögerung der Relais festgelegt. Die Kontakte des A-Relais schalten keine Kapazitäten an den Multivibrator, um zu verhindern, daß vor Loslassen der Taste bereits ein Signal am Verstärkereingang des Magnetbandgeräts liegt. Die für den Multivibrator notwendige Spannung kann über einen Vorwiderstand von der Stromversorgung der Relaisschaltung mit abgegriffen werden.

3.4.2. Relaisschaltung für extrem hohe Schaltzeiten

Mit einigen der bisher beschriebenen Relaisverzögerungsschaltungen lassen sich selbst bei günstigster Bemessung der Bauelemente selten größere Verzögerungen als 30 s erreichen. Um längere Schaltzeiten zu erreichen, benutzt

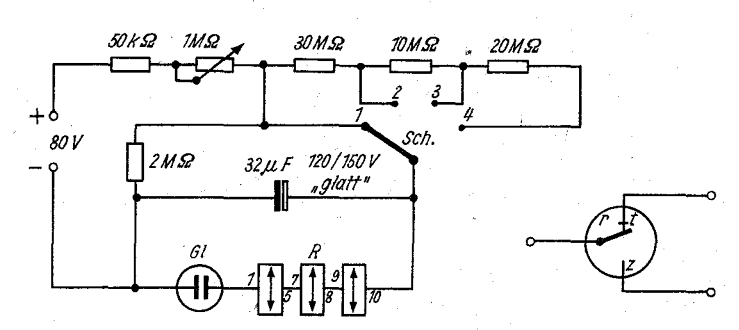


Bild 42 Schaltgerät für extrem hohe Schaltzeiten

sogar die einschlägige Industrie komplizierte, von kleinen Elektromotoren betriebene Uhrwerke mit Auslösestellungen. Die nachfolgend beschriebene, in Bild 42 dargestellte Relaisschaltung, mit der sich Schaltverzögerungen bis zu einer Stunde erreichen lassen, wird daher sicher viele Freunde finden. Allerdings erfordert der Aufbau der Schaltung, deren Funktion weitestgehend von der Qualität verschiede-

ner Bauelemente abhängt, bis zur endgültigen Festlegung einige Versuche.

Wirkungsweise – Über Vorwiderstände lädt sich der 32-μF-Elko langsam auf. Je nach Schalterstellung und damit je nach Höhe der vorgeschalteten Widerstände nimmt dieser Vorgang unterschiedliche Zeiten in Anspruch. Die parallel zum Elko geschaltete Glimmlampe zündet erst bei einer ganz bestimmten Spannung, d. h. bei einem ebenso bestimmten Ladezustand des Kondensators. Im Augenblick der Zündung wird das in Reihe mit der Glimmlampe liegende, empfindliche Relais von Strom durchflossen und gezogen. Nach Entladung des Elkos über die Glimmlampe beginnt der Vorgang von neuem.

Hinweise zum praktischen Aufbau – Die in Bild 42 dargestellte Schaltung ist für die handelsübliche Glimmlampe DGL 40 50 YV (Zündspannung 50 V) ausgelegt. Die Betriebsspannung (80 V) wird durch Anodenbatterie oder gleichgerichtete Wechselspannung sichergestellt. Bedingt durch die Isolationswiderstände des Elkos und des gesamten Schaltungsaufbaus muß die Betriebsspannung in jedem Fall etwa das 1,5fache der Glimmlampen-Zündspannung betragen.

Als Relais wurde für den Versuchsaufbau das äußerst empfindliche Telegrafenrelais 0377.002:53221 (Wicklungswiderstand 5 kOhm, Ansprechstrom 5 mA) gewählt. Dieser Relaistyp hat Ankerruhelage auf Trennseite, d. h., der Anker kehrt nach der Glimmentladung wieder in seine alte Stellung zurück. So entsteht bei jeder Entladung nur ein kurzer Impuls auf den an den Kontakt angeschlossenen Verbraucher (verwendbar für Zeitrafferaufnahmen bei Schmalfilmapparaten).

Für andere Schaltaufgaben können selbstverständlich auch Telegrafenrelais mit zweiseitiger Ruhelage verwendet werden.

Den Elko sollte man mit besonderer Sorgfalt auswählen. Von seinem Reststrom hängt es ab, ob die Glimmlampe bei den Schalterstellungen 3 und 4 noch die erforderliche Zündspannung bekommt. Diese Frage ist durch Versuch zu

klären. Wenn nicht Platzmangel zur Verwendung des genannten Elkos zwingt, dann wird eine Parallelschaltung mehrerer parallelgeschalteter MP-Kondensatoren (z. B. 8×4 μF) empfohlen. (Elko-Reststrom ist unkonstant, da temperatur- und alterungsabhängig.)
Absolut genaue Schaltzeiten kann man von dieser an sich schon kritischen Schaltung natürlich nicht verlangen. Auch sie sind durch Versuch zu ermitteln. Für die beschriebene Schaltung ergeben sich etwa folgende Zeiten:

Schalterstellung 1	regelbar	von 0 bis 10 min
Schalterstellung 2	regelbar	bis etwa 20 min
Schalterstellung 3	regelbar	bis etwa 30 min
Schalterstellung 4	regelbar	bis etwa 60 min

Im günstigsten Falle sind Schaltzeiten bis zu 3 Stunden erreichbar (bei höherer Betriebsspannung größere Kapazität und evtl. größere Vorwiderstände).
Neben der bereits angedeuteten Anwendung als Schaltgerät für Zeitrafferaufnahmen gibt es noch zahlreiche andere Einsatzmöglichkeiten für diese Relaisschaltung. In Verbindung mit dem unter 3.5.2. beschriebenen Folgeschalter läßt sie sich auch als periodisch arbeitendes Schaltgerät für Netzspannungsverbraucher (z. B. Magnetbandgerät) einsetzen.

3.5. Relais und Fernsteuerung

3.5.1. Kunstschaltung über Gleichrichter

Bei der Steuerung von Verbrauchern über größere Entfernungen bekommt die Frage der Mehrfachausnutzung von Leitungen zunehmende Bedeutung. Sollen Netz- oder Starkstromverbraucher gesteuert werden, dann spielen zusätzlich Leitungsmaterial und Drahtquerschnitt eine wesentliche Rolle. Gerade auf diesem Gebiet leisten Relais wertvolle Dienste. Neben der bereits früher erwähnten Möglichkeit, Fernleitungen für Netz- und Starkstromverbraucher mit Schwachstrommaterial zu verkabeln, können mit Hilfe von Relais Leitungen mehrfach ausgenutzt werden. Ein Schaltungsbeispiel dafür ist in Bild 43 dargestellt.

Als Relaissteuerspannung findet eine 50-Hz-Wechselspannung Verwendung, deren Amplitude bis zum 1,5fachen der für die Relais notwendigen Ansprechspannung betragen kann.
Liegt im Steuerteil der Schalter (Sch.) in Stellung 1, so ist im Relaisteil kein Relais gezogen, d. h., die Kontakte befin-

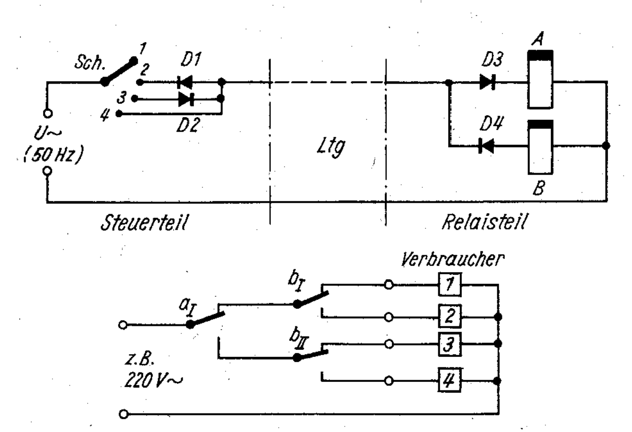


Bild 43 Kunstschaltung über Gleichrichter

den sich in Ruhestellung. Für diesen Fall bekommt also Verbraucher 1 Spannung. Bei Schalterstellung 2 läßt die Diode 1 nur eine Halbwelle der Steuerspannung durch. Im Relaisteil ist die Diode 4 in der gleichen Richtung geschaltet, so daß das B-Relais von Strom durchflossen wird und zieht. Über den in Ruhestellung verharrenden a_I-Kontakt und den gezogenen b_I-Kontakt bekommt Verbraucher 2 Spannung. Für die Schalterstellung 3 liegen die Verhältnisse genau umgekehrt. Die Dioden 2 und 3 lassen dieselbe Halbwelle durch, so daß das A-Relais zieht. Über den gezogenen a_I-Kontakt und den in Ruhestellung liegenden b_{II}-Kontakt bekommt Verbraucher 3 Spannung. Bei Schalterstellung 4 werden im Steuerteil beide Halbwellen der Wechselspannung durchgelassen, so daß im Relaisteil beide

Relais Ansprecherregung erhalten. Über die gezogenen Kontakte a_I und b_{II} bekommt Verbraucher 4 Spannung. Mit Hilfe dieser Schaltung ist man also in der Lage, über eine Zweidrahtleitung vier verschiedene Verbraucher zu steuern.

Als Gleichrichter können vorteilhaft Germanium-Flächendioden (z. B. OY 111) eingesetzt werden (Sperrspannung und max. Durchlaßstrom beachten!). Die Relais (beim Steuern von Netzstromverbrauchern zweckmäßig RH 100) müssen abfallverzögert sein, damit sie in der Zeit zwischen zwei Halbwellen der gleichgerichteten Steuerspannung nicht abfallen. Als günstigste Verzögerungsmethode empfiehlt sich die Parallelschaltung von Kondensatoren.

Die in Bild 43 angegebene Kontaktkombination kann natürlich nicht immer angewendet werden. Sie ist für den Fall ausgelegt, daß alle vier Verbraucher die gleiche Spannung benötigen.

Bild 44 zeigt die Relaiskombination für völlig getrennte Stromkreise (die zueinandergehörigen Ausgangsklemmen eines Stromwegs sind mit gleicher Zahl gekennzeichnet).

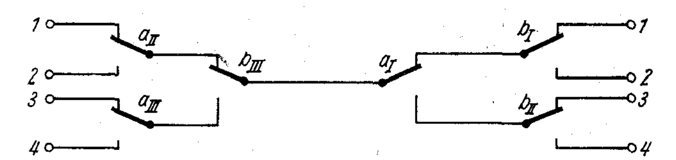


Bild 44 Getrennte Sekundärstromkreise bei der Kunstschaltung über Gleichrichter

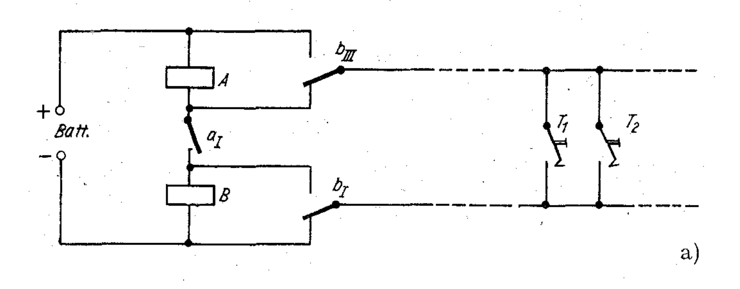
3.5.2. Wechselsteuerung

Die in Bild 45a dargestellte und nachfolgend beschriebene Relaisschaltung gestattet vielfältige Einsatzmöglichkeiten. Bei Drücken einer der Tasten (gewöhnliche Klingelknöpfe) zieht über die in Ruhestellung liegenden b-Kontakte das A-Relais. Wird die Taste wieder losgelassen, so spricht über den nun gezogenen a_I-Kontakt zusätzlich das B-Relais

an. In diesem Schaltzustand verharren die Relais, bis man wiederum eine der Tasten betätigt. Der Stromkreis für einen mittels zweitem a-Kontakt geschalteten Verbraucher ist geschlossen.

Wird von neuem eine der Tasten gedrückt, dann fällt das A-Relais, nach Loslassen der Taste das B-Relais ab. Die Schaltung befindet sich wieder im Ruhezustand. Der Sekundärstromkreis ist unterbrochen. Auf diese Weise werden die angeschlossenen Verbraucher abwechselnd ein- und ausgeschaltet. Die Anzahl der parallelgeschalteten Tasten und ihre Entfernung voneinander sind unbegrenzt. Auch in diesem Falle können bei Verwendung entsprechender Relais Starkstromverbraucher über Schwachstromleitungen gesteuert werden.

Bei Bemessung der Bauelemente ist darauf zu achten, daß



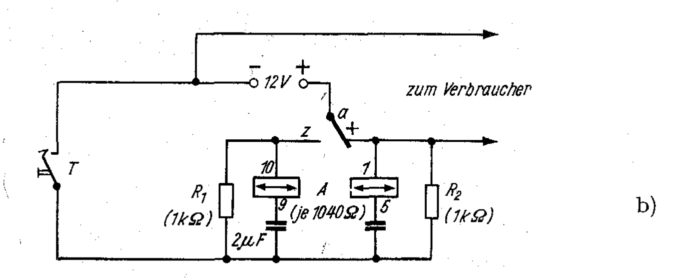


Bild 45a Wiederholungsrelais

Bild 45b Untersetzerschaltung mit einem Telegrafenrelais

die Relaissteuerspannung etwa den 1,8- bis 2fachen Wert der für ein Relais notwendigen Ansprecherregung hat.

Es sollen keinesfalls die vielfältigen Anwendungsmöglichkeiten, die diese Schaltung bietet, in das Korsett einiger weniger Beispiele gezwängt werden. Die Industrie fertigt übrigens für den gleichen Zweck Spezialrelais, bei denen der Wiederholungseffekt über ein bewegliches Nockenrad erreicht wird. Doch abgesehen davon, daß der Bastler solche Spezialfertigungen selten zu kaufen bekommt, stellt die beschriebene Schaltung die billigste und zugleich eleganteste Lösung für das Wiederholungsrelais dar.

In der Schaltcharakteristik des Wiederholungsrelais finden wir eine Parallele zu dem mit Röhren oder Transistoren bestückten bistabilen Multivibrator, wie er in Zählschaltungen zur Frequenzteilung verwendet wird. Betätigt man beispielsweise die Auslösetaste (oder den Auslöserelaiskontakt) 10mal pro Sekunde (10 Hz), so wird der verbraucherseitige a-Kontakt 5mal betätigt (5 Hz). Das Wiederholungsrelais bewirkt also eine Teilung oder „Untersetzung" der Frequenz. Man bezeichnet eine solche Relaisanordnung deshalb auch als Untersetzerschaltung. Noch deutlicher wird das bei der nachfolgend beschriebenen und in Bild 45b dargestellten Untersetzerschaltung mit einem Telegrafenrelais.

Bei Betätigung der Taste wird die Telegrafenrelaiswicklung 1–5 für die Dauer der Aufladung des Kondensators C_2 von Erregerstrom durchflossen. Die dabei auftretende Stromrichtung bewirkt das weitere Verweilen des Ankers auf Trennseite (Plus am Wicklungsanfang!). Erst bei Auftrennung der Taste bekommt das Telegrafenrelais gegenseitige Erregung. Der Kondensator C_2 entlädt sich über R_2 und über die Telegrafenrelaiswicklung. Dabei liegt Minus am Wicklungsanfang; der Anker legt auf Zeichenseite um. Die Schaltung ist symmetrisch, d. h., nach Beendigung des nächsten Impulses legt der Anker wieder auf Trennseite zurück.

Als Telegrafenrelaistyp wird z. B. Rls 0373.001:51221 verwendet. Zu beachten ist, daß das Relais zwei Ankerruhe-

lagen und zwei gleichartige Wicklungen hat. Der angeschlossene Verbraucher darf den Anker des Relais keinesfalls mit mehr als 5 W belasten.
Der Effekt der Frequenzteilung ist bei dieser Schaltung offensichtlich. Nach 10maliger Betätigung der Taste hat der Verbraucher beispielweise 5mal Spannung bekommen.

Die Schaltung ist in der angegebenen Form bis zu einer Eingangsfrequenz von 50 Hz verwendbar. Wird an Stelle des Verbrauchers eine zweite Untersetzerschaltung gleicher Art angeschlossen, so tritt an deren Ausgang ein Viertel der Eingangsfrequenz auf, bei 3 Untersetzern ein Achtel usw.

3.5.3. Blockierungs- und Vorrangschaltungen

Solche Relaisschaltungen finden hauptsächlich in Wählanlagen des Fernsprech- und Fernschreibverkehrs Anwendung, bieten aber auch dem Amateur Gelegenheit zu einfacherer und günstigerer Gestaltung seiner Schaltungen. Sie sollen deshalb in unserer Broschüre nicht unerwähnt bleiben.
Blockierungsschaltungen (Bild 46) – Von mehreren einschaltbaren Relais sollen durch den Anzug eines Relais alle anderen elektrisch blockiert werden, also nicht gleichzeitig arbeiten können.
Solche Schaltungen bieten sich an, wenn Verbraucher von mehreren Punkten aus gesteuert werden sollen, ihre gleichzeitige Einschaltung aber unerwünscht ist oder Störungen hervorruft (z. B. Haustelefon). Auf die in Bild 46a dargestellte Schaltung wird man dann zurückgreifen, wenn bei Erregung eines Relais ein weiteres, allenfalls zwei blockiert werden müssen. Umfangreichere Schaltungen erfordern eine zu hohe Anzahl an Relaiskontakten schon für den reinen Blockierungseffekt.
Die Wirkungsweise ist klar. Wird z. B. das A-Relais durch Betätigung des Schalters 1 erregt, so sperrt der sich öffnende a-Kontakt den Erregerstromkeis für das B-Relais. Umgekehrt würde der Anzug des B-Relais die gleichzeitige

Blockierung des A-Relais zur Folge haben. Bei Schaltungen mit mehreren Relais müssen in den Erregerstromkreis eines jeden Relais Reihenschaltungen der Ruhekontakte aller anderen Relais eingefügt werden.
Bei Verwendung der in Bild 46b dargestellten Schaltung werden auch bei umfangreichen Relaisschaltungen nie mehr als 2 Ruhekontakte je Relais für den Blockierungseffekt benötigt. Ist z. B. das B-Relais gezogen, dann blockieren

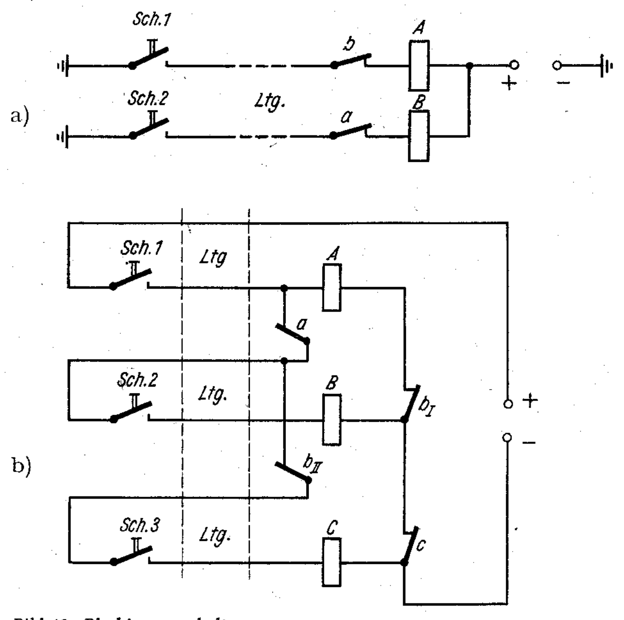
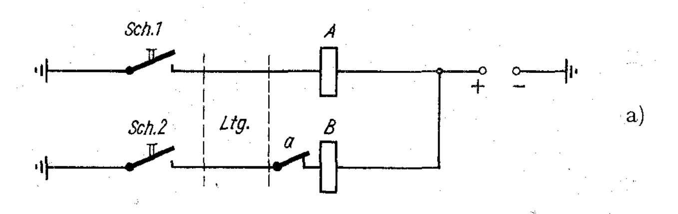


Bild 46 Blockierungsschaltungen
a) mit 2 Relais
b) mit 3 Relais (beliebig zu erweitern)

die Kontakte b_I und b_{II} die Erregerstromkreise des A- und C-Relais. Die Schaltung läßt sich beliebig erweitern. Immer wird bei Erregung des einen Relais allen anderen die Möglichkeit genommen, gleichzeitig zu ziehen.

Vorrangschaltungen (Bild 47) – In einer solchen Relaisschaltung wird der Erregung bestimmter Relais Vorzug gegeben.
Am deutlichsten wird das bei der in Bild 47a dargestellten Vorrangschaltung mit zwei Relais. Drückt man Schalter 1, so zieht das A-Relais und nimmt mit seinem Ruhekontakt dem B-Relais die Erregermöglichkeit.



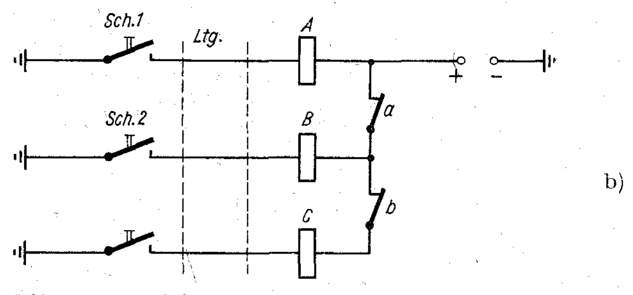


Bild 47 Vorrangschaltungen
a) mit 2 Relais
b) mit 3 Relais (beliebig zu erweitern)

Zieht jedoch durch Betätigung des Schalters 2 das B-Relais zuerst, so kann das A-Relais durch Schalter 1 trotzdem jederzeit erregt werden, es macht in diesem Fall sogar die Erregung des B-Relais rückgängig: Das bedeutet, das A-Relais hat in unserer Schaltung den Vorrang.
In Bild 47b wird eine Vorrangschaltung mit 3 Relais ge-

zeigt, die für jedes Relais einen Ruhekontakt erfordert und die beliebig erweitert werden kann. Das A-Relais ist gegenüber B- und C-Relais, das B-Relais gegenüber dem C-Relais bevorzugt. Man sagt auch, das A-Relais hat 1. Vorrang, das B-Relais 2. Vorrang.

3.5.4. Relaisschaltungen in Schiffsmodellen

Ein beliebtes Hobby vieler Funkamateure ist die Fernsteuerung von Schiffsmodellen. Folgende prinzipielle Wirkungsweise liegt ferngesteuerten Modellen meist zugrunde:
Im Sender werden der Sendefrequenz wahlweise niedere Frequenzen (meist aus dem Bereich von 100 Hz bis 20 kHz) aufmoduliert. Entsprechend den Bestimmungen der Deutschen Post darf der Sender jedoch nur eine Sendeleistung von maximal 5 W haben. Als Sendefrequenzen sind folgende Frequenzen zugelassen:

13,56 MHz $\pm$ 0,05 Prozent
27,12 MHz $\pm$ 0,6 Prozent
465 MHz $\pm$ 0,5 Prozent

Der im Schiffsmodell befindliche, möglichst kleine Empfänger nimmt das Signal auf, verstärkt es, demoduliert die NF-Frequenzen und wandelt diese über Relais in Schaltbefehle für das Schiffsmodell um. Bild 48 (Faltblatt) zeigt das komplette Schaltblid eines solchen Empfängers mit Relaisteil. Außer der HF-Verstärkerröhre, für die man am besten eine Subminiaturröhre verwendet, sind alle weiteren Verstärkerstufen zugunsten geringer Abmessungen des Empfängers mit Transistoren bestückt.
Doch nun zu dem für uns wichtigsten Teil, der „Schaltzentrale", des Schiffsmodells. Die verstärkten NF-Signale gelangen zum Eingang dreier parallelgeschalteter Transistorfilter, die nur ein ganz bestimmtes, sehr schmales Frequenzband durchlassen und weiterverstärken. Durch Bemessung der Induktivitäten L 1 bis L 3 werden die Resonanzkurven der Transistorfilter auf die im Sender erzeugten NF-Fre-

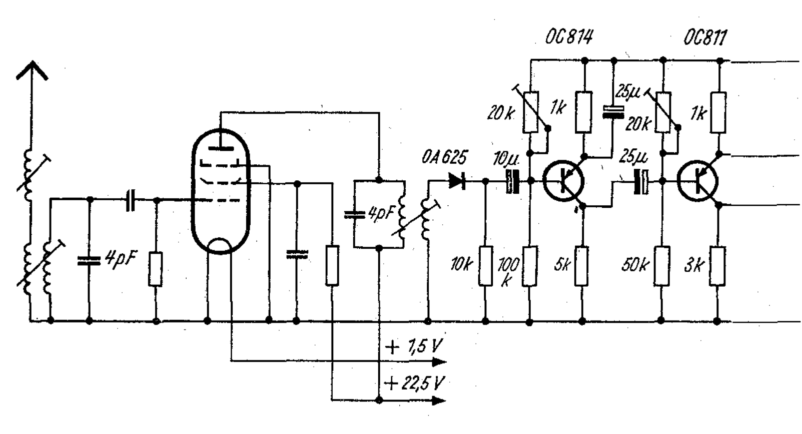
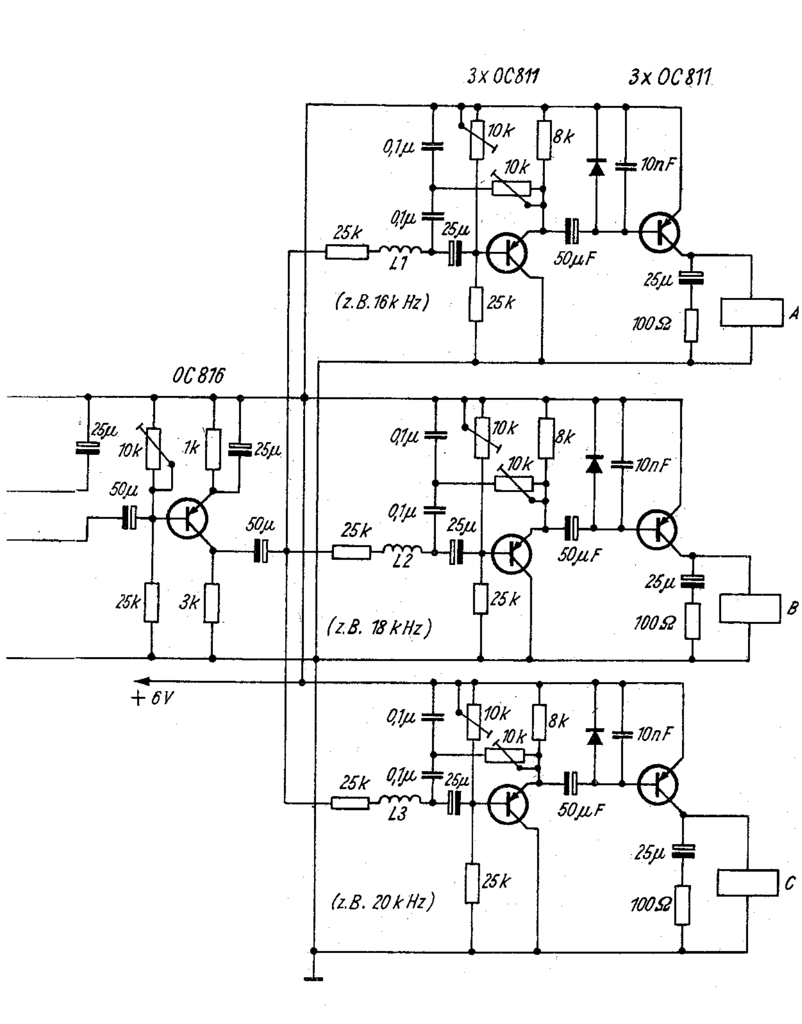


Bild 48 Schaltung eines Schiffsmodellempfängers


3 x OC811
3 x OC811
0,1µ
10k
8k
10k
10nF
0,1µ
25µ
25k
L1
50µF
25µ
(z.B. 16k Hz)
25k
100Ω
A
OC 816
25µ
10k
1k
25µ
0,1µ
10k
8k
10k
10nF
50µ
0,1µ
25µ
50µ
25k
L2
50µF
25µ
25k
3k
25k
100Ω
B
(z.B. 18 kHz)
+ 6V
0,1µ
10k
8k
10k
10nF
25k
0,1µ
25µ
L3
50µF
25µ
25k
C
(z.B. 20 k Hz)
100Ω

quenzen abgestimmt. Höhere Frequenzen (z. B. 16, 18 und 20 kHz) wirken sich in diesem Falle günstig aus, da sie kleinere Induktivitäten verlangen und somit geringere Abmessungen erlauben.
Die weiterverstärkten NF-Signale werden im letzten Transistor gleichgerichtet und gelangen als Relaissteuerspannungen in die Erregerwicklungen der Relais A—C. Im Schiffsmodell sprechen also immer die Relais an, deren NF-Signale im Sender der Sendefrequenz aufmoduliert werden. Handelt es sich wie in unserem Beispiel um 18 kHz, so zieht das B-Relais; sind es 16 und 20 kHz, so ziehen A- und C-Relais usw.
Die nachgeschaltete Kontaktkombination hat die unterschiedlichen Bewegungs- und Wendungsvarianten des Schiffsmodells zu gewährleisten. Ein zum Abschluß der Relaisschaltungen bewußt kompliziert gewähltes Beispiel einer solchen Kontaktkombination ist in Bild 49 dargestellt. Die Schaltzustände der Relais A, B und C realisieren entsprechend nachstehender Tabelle folgende Schaltbefehle im Schiffsmodell: (Die Kreuze deuten an, daß das entsprechende Relais gezogen ist.)

Kommando an das Schiffsmodell		Relais		
		A	B	C
1. Halt		—	—	—
2. Linkswendung bei Vorwärtsbewegung		×	—	—
3. Rechtswendung bei Vorwärtsbewgung		—	×	—
4. Geradeaus bei Vorwärtsbewegung		×	×	—
5. Rückwärtsbewegung		×	—	×
	oder	—	×	×
6. Wiederholungsrelaisschaltung: Schnelle Fahrt und Langsame Fahrt		×	×	×
7. Einschalten der Schiffsbeleuchtung		—	—	×

Dem in Relaisschaltungen Ungeübten wird es kaum gelingen, sich die genaue Wirkungsweise dieser doch recht schwierigen Schaltung klarzumachen. Darum folgt an dieser

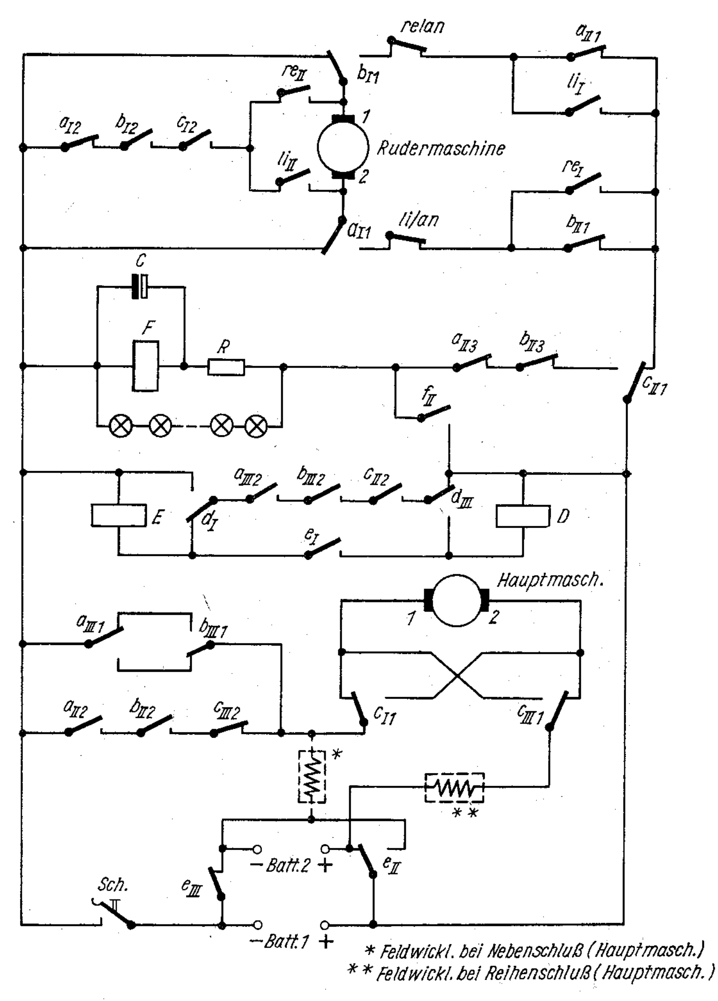


Bild 49 Kontaktkombination zum Empfänger (Bild 48)
(a_{I2} wurde irrtümlich geschlossen gezeichnet, c_{I2} dagegen offen; richtig ist es gerade umgekehrt.)

Stelle eine genaue Stromlaufbeschreibung für jeden einzelnen Schaltbefehl.
Dem Amateur wird es kaum schwerfallen, sich in die folgende Art der Stromlaufbeschreibung hineinzufinden. Alle im Stromkreis liegenden Verbraucher und Kontakte werden in der erforderlichen Reihenfolge genannt. Zum Zwecke größerer Übersichtlichkeit sind die jeweils betätigten Relaiskontakte unterstrichen.
Die Bezifferung der Anschlußklemmen der Hauptmaschine verdeutlicht die Stromflußrichtung ≙ Drehrichtung.

1. Kommando „Halt" (A-, B- und C-Relais werden nicht erregt)
Alle Kontakte befinden sich im gezeichneten Zustand. Hauptmaschine, Rudermaschine sowie E-, D- und F-Relais sind stromlos. Das Schiffsmodell steht.

2. Kommando „Linkswendung bei Vorwärtsbewegung" (A-Relais gezogen)
Der a_{III_1} — Kontakt legt Spannung an die Hauptmaschine:
Minus-Sch. —
a_{III_1} — b_{III_1} — c_{I_1} — Hauptmasch. (1—2) — c_{III_1} — Plus.
Die beiden Batterien sind parallelgeschaltet. Die Hauptmaschine bewegt das Schiffsmodell in langsamer Fahrt vorwärts.
Über den a_{I_1}-Kontakt wird Spannung an die Rudermaschine gelegt:
Minus-Sch. —
b_{I_1} — Rudermasch. (1 — 2) — a_{I_1} — li/an — b_{II_1} — c_{II_1} — Plus.
Das Ruder bewegt sich bei dieser Drehrichtung der Rudermaschine nach links.
Der Kontakt li/an wird so im Ruderwerk befestigt, daß er bei Anschlagstellung des Ruders öffnet (ebenso re/an bei Rechtsbewegung des Ruders). Bei Betätigung des li/an-Kontakts wird der Stromkreis für die Rudermaschine unterbrochen, wodurch sich ein Festlaufen des Motors bzw. Rutschen der Kraftübertragungsorgane bei erreichter Anschlagstellung des Ruders vermeiden läßt.

Das Schiffsmodell führt bis zum nächsten Wendekommando eine Linksbewegung aus.

3. *Kommando „Rechtswendung bei Vorwärtsbewegung"* (B-Relais gezogen)

Die Hauptmaschine bekommt über den gezogenen b_{III_1}— Kontakt Spannung (Stromlauf wie bei „Linkswendung").

Über den b_{I_1}-Kontakt liegt Spannung an der Rudermaschine:

Minus-Sch.—

a_{I_1}—Rudermasch. (2—1)—b_{I_1}—re/an—a_{II_1}—c_{II_1}—Plus.

Die Rudermaschine wird gegenüber der Linkswendung des Schiffsmodells entgegengesetzt von Strom durchflossen (Polungszahlen beachten!).

Das Ruder bewegt sich nach rechts.

In Anschlagstellung des Ruders unterbricht der sich öffnende re/an-Kontakt den genannten Stromkreis (s. auch Linkswendung).

Das Schiffsmodell führt bis zum nächsten Wendekommando eine Rechtsbewegung aus.

4. *Kommando „Geradeaus bei Vorwärtsbewegung"* (A- und B-Relais gezogen)

Die Hauptmaschine bekommt über die Kontaktkombination a_{II_2}— b_{II_2}— c_{II_2} Spannung (Stromlauf sonst wie bei Linkswendung).

Die Rudermaschine wird je nach Stellung des Ruders über die Kontakte re oder li sowie über die betätigten a- und b-Kontakte gezogen. Die re-Kontakte (re_I und re_{II}) sind so im Ruderwerk angebracht, daß sie bei der geringsten Rechtsbewegung des Ruders aus der Mittellage schließen (ebenso li_I und li_{II} für Linksbewegung des Ruders).

Steht das Ruder bei dem Kommando „Geradeaus" rechts, so entsteht folgender Stromkreis über die Rudermaschine:

Minus-Sch.—

a_{I_2}—b_{I_2}—c_{I_2}—re_{II}—Rudermasch. (1—2)—li/an—re_I—c_{II_1} —Plus.

Die Rudermaschine bewegt das Ruder so lange nach links (Polung beachten!), bis es sich genau in Mittellage befindet. In diesem Moment trennen re_I und re_{II} den Stromkreis für die Rudermaschine auf.

Das Schiffsmodell bewegt sich bis zum nächsten Wendekommando geradeaus.
Ein ähnlicher Stromkreis entsteht, wenn das Ruder bei Schaltbefehl „Geradeaus" links liegt, über die li-Kontakte. Entgegengesetzt ist lediglich die Polung an der Rudermaschine, die darum das Ruder nach rechts bis zur Mittellage bewegt.

5. Kommando „Rückwärts" (A- und C-Relais bzw. B- und C-Relais gezogen)

Über die Kontakte a_{III_1} und b_{III_1}, von denen jeweils einer betätigt ist, und über die ebenfalls betätigten Umschaltekontakte c_{I_1} und c_{III_1} bekommt die Rudermaschine Spannung. Die daraus resultierende Drehrichtung der Schiffsschraube bewegt das Schiff rückwärts.
Die Richtung der Rückwärtsbewegung ist abhängig von dem zuletzt bei Vorwärtsfahrt gegebenen Wendekommando. (Wurde z. B. vor dem Kommando „Rückwärts" das Kommando „Linkswendung bei Vorwärtsbewegung" gegeben, dann fährt das Schiffsmodell jetzt mit einer Linkswendung rückwärts.) Der Amateur ist also in der Lage, sein Schiffsmodell sowohl geradeaus als auch links oder rechts rückwärtsfahren zu lassen.

6. Kommando „Schnelle (bzw. „Langsame) Fahrt" (A-, B- und C-Relais gezogen)

Dieser Schaltbefehl gibt dem Amateur die Möglichkeit, sein Schiffsmodell alle eben beschriebenen Wende- und Richtungsmanöver in schneller oder langsamer Fahrt ausführen zu lassen.
Bis zum ersten Geben dieses Kommandos sind Batterie 1 und 2 über die Kontakte e_{II} und e_{III} parallelgeschaltet. Die Hauptmaschine bekommt normale Spannung und verleiht dem Schiffsmodell „langsame Fahrt".
E- und D-Relais bilden die unter 3.5.2. beschriebene Wiederholungsrelaisschaltung. Die Auslösetaste wird durch die Reihenschaltung der Arbeitskontakte a_{III_2}, b_{III_2} und c_{II_2} dargestellt.

Gibt man den Schaltbefehl „Schnelle Fahrt", so entsteht über die nun betätigten Kontakte a_{III_2}, b_{III_2} und c_{II_2} folgender Stromkreis:

Minus-Sch. — E (Rls) — d_I — a_{III_2} — b_{III_2} — c_{II_2} — d_{III} — Plus.

Das E-Relais zieht und legt mit seinen Kontakten e_{II} und e_{III} die beiden Batterien für den Stromkreis der Hauptmaschine in Reihe. Bei Beendigung des Schaltbefehls „Schnelle Fahrt" (ein kurzer Impuls genügt) öffnen die Kontakte a_{III_2}, b_{III_2} und c_{II_2} wieder, und über den nun geschlossenen e_I-Kontakt zieht zusätzlich das D-Relais. Für die gesamte Dauer des Schaltbefehls sind die Stromkreise für Haupt- und Rudermaschine aufgetrennt. Erst wenn jetzt eines der bereits beschriebenen Kommandos (2. bis 5.) gegeben wird, führt das Schiffsmodell dieses in „schneller Fahrt" aus. (Doppelte Spannung an der Hauptmaschine ergibt ungefähr doppelte Drehzahl der Schiffsschraube.)

Um das Schiffsmodell jetzt wieder in langsame Fahrt zu versetzen, muß der gleiche Schaltbefehl noch einmal gegeben werden. Die erneut betätigten Kontakte a_{III_2}, b_{III_2} und c_{II_2} schließen dann das über den e_I-Kontakt erregte E-Relais kurz: das E-Relais fällt ab. Die Kontakte e_{II} und e_{III} schalten beide Batterien wieder parallel. Bei Beendigung des Schaltbefehls wird auch das D-Relais stromlos (e_I-Kontakt ist abgefallen).

Für die Dauer des Schaltbefehls wird der Stromkreis für die Hauptmaschine unterbrochen. Erst bei erneuter Kommandogabe (Schaltbefehle 2. bis 5.) führt das Schiffsmodell die befohlenen Manöver in langsamer Fahrt aus. Der anfängliche Schaltzustand der Wiederholungsrelaisschaltung (E- und D-Relais) wurde wiederhergestellt.

Dieser Wechsel von langsamer zu schneller Fahrt und umgekehrt kann selbstverständlich beliebig oft vorgenommen werden.

Die Dauer des Schaltbefehls sollte möglichst kurz gewählt werden, da das Schiff durch die abgeschaltete Hauptmaschine schnell an Fahrt verliert; ein Schaltimpuls von etwa 0,1 s reicht völlig aus.

7. Kommando „Einschalten der Schiffsbeleuchtung“ (C-Relais gezogen)

Ist bei Eintritt der Dämmerung das Einschalten von Positionsleuchten (bzw. Innenbeleuchtung) erwünscht, dann wird der Amateur vielfach auf Dämmerungsschalter zurückgreifen. Eine einfachere und billigere Lösung jedoch läßt sich in der obenbeschriebenen Schaltung anbringen. Über den gezogenen c_{II_1}-Kontakt und die in Ruhestellung liegenden Kontakte a_{II_3} und b_{II_3} wird das F-Relais erregt. Der f_{II}-Kontakt zieht und hält auch nach Beendigung des Schaltbefehls das F-Relais. Die parallel zum F-Relais liegenden Positionsleuchten bekommen Spannung. Das Ausschalten der Schiffsbeleuchtung ist wegen des Selbsthaltekontakts f_{II} über Funk nicht mehr möglich. Erst bei Auftrennen des Hauptschalters Sch. fällt das F-Relais ab, und die Positionsleuchten erlöschen.

Das F-Relais ist durch R und C anzugsverzögert, um ein ungewolltes Einschalten der Schiffsbeleuchtung zu verhindern, falls bei einem der anderen Schaltbefehle zufällig das C-Relais einmal zuerst ziehen sollte.

Während der Dauer dieses Schaltbefehls ist der Stromkreis für die Hauptmaschine unterbrochen. Man sollte sich also auch dabei mit einem kurzen Impuls (z. B. mit 1 s) begnügen.

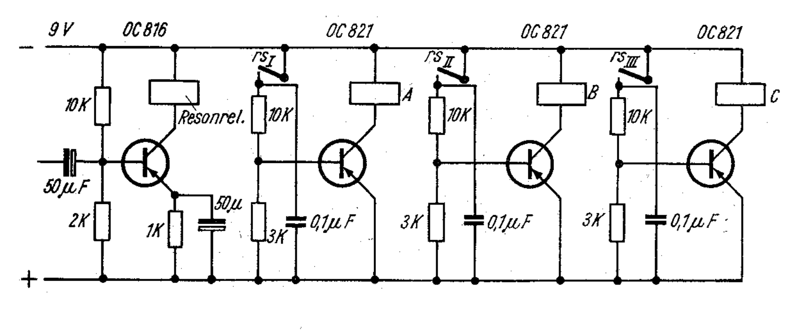
Zur Realisierung der obenstehenden Schaltung müssen die einzelnen Relais folgende Kontakte haben:

A-Relais	2 a	3 r	2 u	a — Arbeitskontakt
B-Relais	3 a	2 r	2 u	r — Ruhekontakt
C-Relais	2 a	1 r	3 u	u — Umschaltekontakt
D-Relais	—	—	2 u	
E-Relais	1 a	1 r	1 u	
F-Relais	1 a	—	—	

Als A-, B- und C-Relais verwendet man der hohen Kontaktzahl wegen zweckmäßig mittlere Rundrelais (max. Anzugsstrom 80 mA; Wicklungswiderstand 100 bis 200 Ohm). Als E-, D- und F-Relais finden Kleinstumpfrelais (GBR) oder Kleinrelais ST 10 Verwendung. Die Wahl der Spannungs-

quellen ist dem Bastler überlassen. Sie hängt ab vom Leistungsverbrauch und Spannungsbedarf der Motoren, insbesondere der Hauptmaschine.
Verfügt der Schiffsmodellbauer nicht über Relais mit einer solch hohen Anzahl von Kontakten (z. B. A- und B-Relais) oder erscheint dem einen oder anderen diese Schaltung für den Anfang als zu aufwendig, dann können ohne weitere Veränderungen die zur Realisierung der beiden letzten Schaltbefehle notwendigen Bauelemente und Kontaktkombinationen weggelassen werden. Für diesen Fall sind alle Bewegungs- und Wendungsvarianten des Schiffsmodells entsprechend den Schaltbefehlen 1. bis 5. bei e i n e r Fahrtgeschwindigkeit möglich.
Eine andere, sehr vorteilhafte Möglichkeit der Trennung von aufmodulierten NF-Frequenzen zeigt Bild 50. In diesem Fall wird auf die aufwendigen Transistorfilter verzichtet. An ihrer Stelle erscheint ein Resonanzrelais mit 3 Resonanzzungen, dessen Anfertigung allerdings einige praktische Fertigkeiten erfordert. Als Kern benutzt man die Kernbleche eines alten Übertragers (U-Kern oder zersägten M-Kern). Von der Länge der Zungen hängt ihre Resonanzfrequenz ab. Die Zungen kann man aus alten Uhrfedern anfertigen (geradebiegen). Die Abtastschrauben werden so eingestellt, daß sie die Resonanzzungen (wenn diese sich in Ruhelage befinden) fast berühren. Eine besondere Befestigung des Kernes an dem Messingklotz mit den Resonanzzungen und der Abtastung ist nicht erforderlich. Beide Teile können gemeinsam in ein entsprechend enges Befestigungsloch auf der Montageplatte des Empfängers gepreßt werden.
Die Schaltfrequenzen müssen bei dieser Anordnung allerdings bedeutend geringer gehalten werden (etwa 30 bis 150 Hz). Am besten fertigt man zuerst das Resonanzrelais an, dann werden die NF-Generatoren des Senders auf die entstandenen Zungenfrequenzen geeicht. Im Resonanzfall flattern die Resonanzzungen und haben in periodischen Abständen elektrischen Kontakt mit den Abtastschrauben. Die parallel zu der Reihenschaltung von Kollektor-Basis-

widerstand (10 kOhm) und Emitter-Basis-Widerstand (3 kOhm) geschalteten Kondensatoren (0,1 μF) gewährleisten gleichbleibende Spannungsverhältnisse am Transistor auch für die Dauer des Abfalls der vibrierenden Resonanzzunge. Als Verbraucher dieser Endstufen erscheinen wieder die drei Relais A, B und C, deren Kontakte zu der bereits aus Bild 49 bekannten Kombination zusammengeschaltet werden.



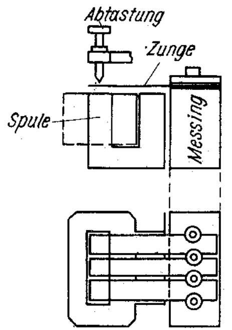


Bild 50 Schiffsmodellempfänger mit Resonanzrelais

3.5.5. Drehwählerschaltung

Schaltungen mit Wählern können im Rahmen dieser Broschüre nicht ausführlich behandelt werden. Erstens ist es nicht ganz leicht für den Bastler, sich einen Drehwähler zu beschaffen, meist wird er sich mit ausrangierten Exemplaren der Deutschen Post zufriedengeben müssen (an die kostspieligen Spezialwählertypen, wie Motorwähler und Hebdrehwähler, kommt er kaum heran); zweitens wird er sie auch selten benötigen. Die Darstellung beschränkt sich

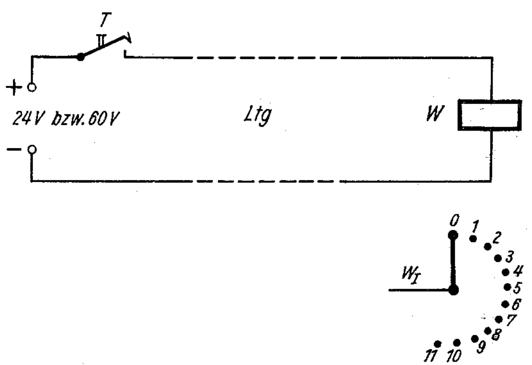


Bild 51 Einfachste Schaltung des Drehwählers

daher auf den einfachsten Wählertyp, den Drehwähler, den es in verschiedenen Ausführungen gibt. Im wesentlichen unterscheiden sie sich durch die Anzahl der Arbeitsschritte (11, 15, 25, 34 oder 50) und durch die Kontaktkränze (2, 3 oder 4) sowie durch ihre Wicklungswiderstände, aus denen unterschiedliche Steuerspannungen resultieren (60 bzw. 40 Ohm ≙ 60 V; 15 bzw. 17 Ohm ≙ 24 V). Die einfachste Wählerschaltung ist in Bild 51 dargestellt. Beim Drücken der Taste wird der Kraftmagnet des Wählers einen Augenblick von Strom durchflossen. Der Wähler schaltet einen Schritt weiter. Jede erneute Betätigung der Taste führt zu einem weiteren Schaltschritt des Drehwählers. Nach dem 11. Schaltschritt (bei 11teiligen Drehwählern) schaltet der

Wähler wieder auf den ersten. Für geringe Ansprüche genügt bereits diese einfache Anordnung.
Man kann nun entsprechend der Anzahl der Schaltschritte verschiedene Verbraucher steuern. Allerdings müssen, um beispielsweise von Verbraucher 1 auf Verbraucher 5 zu kommen, alle Verbraucher in der festgelegten Reihenfolge geschaltet werden.
Meist wird der Bastler die technischen Möglichkeiten des Wählers voll ausschöpfen, d. h. die Wahl des gewünschten Verbrauchers mit Nummernscheibe vornehmen wollen. Eine solche Schaltung ist in Bild 52 dargestellt. Im Steuerteil befindet sich nur die Nummernscheibe mit ihren drei Kontakten. Der **nsi**-Kontakt (**N**ummern-**S**chalter-**I**mpulskontakt) ist im Ruhezustand und beim Spannen der Wählscheibe geschlossen. Erst bei ihrem Ablaufen öffnet und schließt der Kontakt rhythmisch. Der **nsr**-Kontakt (**N**ummern-**S**chalter-**R**uhekontakt) ist ebenfalls im Ruhezustand geschlossen, öffnet aber sofort nach Bewegung der Nummernscheibe aus der Ruhelage und kehrt erst nach ihrem Ablaufen in den alten Zustand zurück. nsi- und nsr-Kontakt sind parallelgeschaltet und meist mit den Drahtfarben Gelb und Grün herausgeführt. Der **nsa**-Kontakt (**N**ummern-**S**chalter-**A**rbeitskontakt), meist durch die Drahtfarben Weiß und Rosa charakterisiert, ist im Ruhezustand geöffnet und arbeitet genau umgekehrt wie der nsr-Kontakt.
Die direkte Steuerung des Wählers über die Kontakte der Nummernscheibe ist nicht möglich, da der starke Erregerstrom des Kraftmagneten schnell zum Verbrennen der empfindlichen Kontaktspitzen führen würde. Man fügt ein Zwischenrelais ein (in unserem Fall das A-Relais), das im Ruhezustand über die geschlossenen Kontakte nsi und nsr ständig erregt wird und im Augenblick der Wahl im Rhythmus der Schaltbewegung des nsi-Kontakts abfällt und zieht. Dabei schließen die Ruhekontakte des A-Relais in kurzen Zeitabständen den Stromkreis für den Kraftmagneten des Wählers. Wird die 6 angewählt, dann fällt beim Ablaufen der Nummernscheibe das A-Relais 6mal ab. Über die a-Kontakte wird der Drehwähler um 6 Schaltschritte weiter-

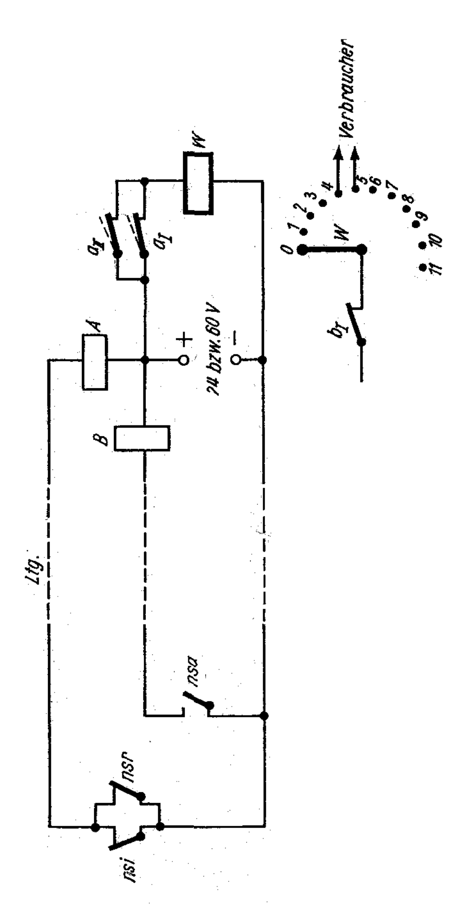


Bild 52 Einfachste Drehwählerschaltung mit Nummernscheibe

bewegt. Die Parallelschaltung mehrerer Kontakte des A-Relais ist wegen des starken, durch den Kraftmagneten bedingten Stromflusses (1 bis 1,5 A) in jedem Fall vorteilhaft. Die gestrichelt gezeichnete Leitung mit B-Relais und nsa-Kontakt kann zusätzlich geschaltet werden. Der nsa-Kontakt schließt während der gesamten Dauer des Wählvorgangs. Das B-Relais erhält in dieser Zeit Erregung und öffnet seinen b_I-Kontakt. Auf diese Weise läßt sich vermeiden, daß die Verbraucher der einzelnen Schaltschritte, die der Schaltarm des Drehwählers durcheilt, während der Wahl für kurze Augenblicke eingeschaltet werden. Erst wenn der Schaltarm den angewählten Schaltschritt belegt hat, schließt der b_I-Kontakt und bringt den gewünschten Verbraucher. Als A- und B-Relais finden vorteilhaft mittlere Rundrelais oder Flachrelais Verwendung (Betriebsspannung je nach Wählertyp 24 oder 60 V).

Diese Schaltung weist gegenüber der zuerst beschriebenen Tastenschaltung bereits wesentliche Vorteile auf. Der Bastler muß jedoch stets vom zuletzt belegten Verbraucher aus den nächsten gewünschten Verbraucher direkt anwählen; das sieht dann folgendermaßen aus: Ist z. B. der Verbraucher 7 zuletzt belegt gewesen und der Verbraucher 3 soll angewählt werden, dann macht sich bei einem Drehwähler mit 11 Schaltschritten folgende Rechnung erforderlich:

8., 9., 10., 11., 0., 1., 2., 3. Schaltschritt $\triangleq$ 8 Schaltschritte.

Jeder Drehwähler besitzt einen Kontaktkranz, bei dem die Schaltschritte 1 bis 11 nicht voneinander getrennt sind. Nur der 12. bzw. Ruheschritt ist gesondert herausgeführt. Dieser in Bild 53 mit W_{II} bezeichnete Kontaktkranz wird zum selbsttätigen Rücklauf des Wählers bei Neuwahl benutzt. Auch dafür zum besseren Verständnis ein Beispiel: Der 4. Schaltschritt sei belegt, der 8. Schaltschritt soll angewählt werden. Auf der Nummernscheibe wählt man direkt die 8. Schon beim Aufziehen der Wählscheibe schließt der nsa-Kontakt den Stromkreis für den Unterbrecher. Dieser gibt über seinen u-Kontakt solange Stromimpulse auf den Kraftmagneten, bis der Schaltarm des Wählers den 12. Schaltschritt eingenommen und somit den Stromkreis des Unter-

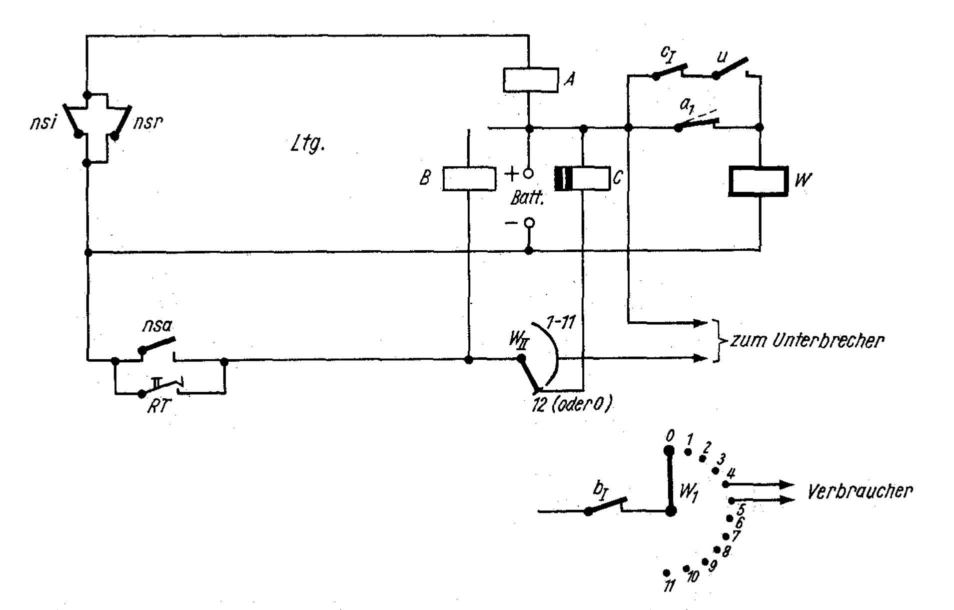


Bild 53 Drehwählerschaltung mit selbsttätigem Rücklauf bei Neuwahl

brechers getrennt hat. Für den Unterbrecher können die in Abschnitt 3.3. beschriebenen Relaisschaltungen benutzt werden. Der Wählvorgang kann durch Ablaufen der Nummernscheibe ohne weiteres von neuem beginnen, da der Wähler sich in Ruhestellung befindet. Das hinzugeschaltete C-Relais dient dazu, während des Wählvorgangs Störungen durch den Unterbrecherkontakt zu vermeiden. Es zieht sofort nach Belegung des Ruheschritts und muß eine Abfallverzögerung von 1 bis 2 s aufweisen (Ablaufzeit für 10 Impulse).

Mit Hilfe der Rücklauftaste RT ist der Rücklaufvorgang ohne Neuwahl möglich.

Beschäftigen wir uns abschließend noch mit zwei Schaltungskniffen bei Drehwählerschaltungen (Bild 54):

Der starke Stromfluß durch den Kraftmagneten gefährdet die ihn erregenden Kontakte besonders bei Auftrennung des Stromkreises. Die bei dieser Stromstärke ohnehin schon stark auftretenden Abreißfunken werden durch die Induktivität des Kraftmagneten (Abschaltspitzen!) noch vergrößert. Der Einsatz der in Bild 54a dargestellten Folgekontaktschaltung reduziert die Abreißfunken durch stufenförmiges Absinken des Stromes sowie durch Aufladung des parallelgeschalteten Kondensators im Abschaltmoment.

Die zweite, in Bild 54b dargestellte Schaltung bezieht sich auf eine Vereinfachung des automatischen Wählerrücklaufs (Bild 53). Die meisten Drehwähler haben am Anker des Kraftmagneten einen oder zwei einfache Arbeitskontakte, die bei jedem Schaltschritt des Wählers kurzzeitig betätigt werden. Dieser Kontaktsatz kann für den automatischen Wählerrücklauf genutzt werden. Er ist in Bild 54b mit W_{III} bezeichnet. An Stelle des Unterbrechers, der meist aus 2 Relais besteht, wird hier nur 1 Relais (D) benötigt.

Das mit einer solchen Schaltung erreichbare selbsttätige „Heimlaufen" des Wählers bis zum 0. (12.) Schaltschritt wird auch als Viertaktdrehvorgang bezeichnet:

1. Takt – Bei Auslösung des Wählerrücklaufs bekommt der Kraftmagnet über den geschlossenen d-Kontakt Spannung und schaltet den Drehwähler um einen Schritt weiter;

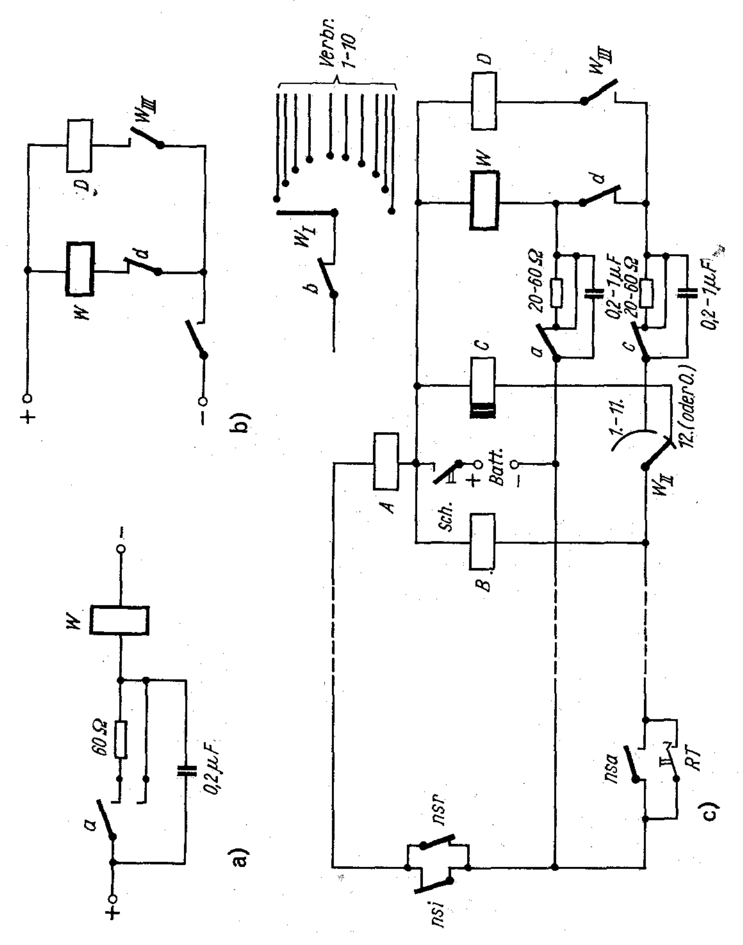


Bild 54a Funkenlöschung durch Folgekontakt

Bild 54b Viertaktdrehschaltung

Bild 54c Verbesserte Drehwählerschaltung von Bild 53

2. Takt – über den nun betätigten w_{III}-Kontakt bekommt das D-Relais Erregung;

3. Takt – der d-Kontakt öffnet und trennt den Stromkreis des Kraftmagneten;

4. Takt – der w_{III}-Kontakt geht in Ruhestellung zurück und bringt das D-Relais zum Abfall.

An den vierten schließt sich wieder der erste Takt an. Bei Verwendung dieser Anordnung kann ein Unterbrecherrelais eingespart werden. In Bild 54c ist noch einmal die komplette Wählschaltung unter Berücksichtigung der beiden Verbesserungen dargestellt. Das Zusammenwirken der Relais wird mit Hilfe des in Bild 54d dargestellten Relaisdiagramms schnell klarwerden.

Die beschriebenen Schaltungen mit Drehwählern erlauben die mannigfaltigsten Anwendungen: etwa wahlweise Einschaltung mehrerer Verbraucher, Fernabstimmung von AM-Empfängern, Haustelefon usw.

Noch einige Worte zur *AM-Fernabstimmung*. Verschiedentlich wurden in Fachzeitschriften Bauanleitungen für die Fernabstimmung von AM-Empfängern veröffentlicht, bei denen an Stelle des Drehkos fest auf Sender eingestellte Kapazitäten wahlweise über die Kontakte des Drehwählers als Schwingkreiselemente in den Empfänger gelegt werden. Die Drehwählerkontakte bilden jedoch bereits eine so hohe Kapazität, daß unweigerlich der obere Skalenbereich der Mittelwelle allein durch diese Zusatzkapazitäten verlorengeht. Bedingung für die Verwendung dieser Methode ist also die Berücksichtigung der Wählerkapazitäten (insbesondere bei den kleinen Wellenlängen) oder Einbau größerer Schwingkreisspulen. Mit einem 12teiligen Drehwähler lassen sich 10 Sender über fest abgestimmte Kapazitäten mittels Nummernscheibe oder Taste anwählen (Schaltschritt 11 bleibt frei).

Bei der Wahl der Spannungsquelle für den Kraftmagneten des Wählers ist darauf zu achten, daß sie eine Belastung von 1 bis 1,5 A ohne Schwierigkeiten überstehen muß.

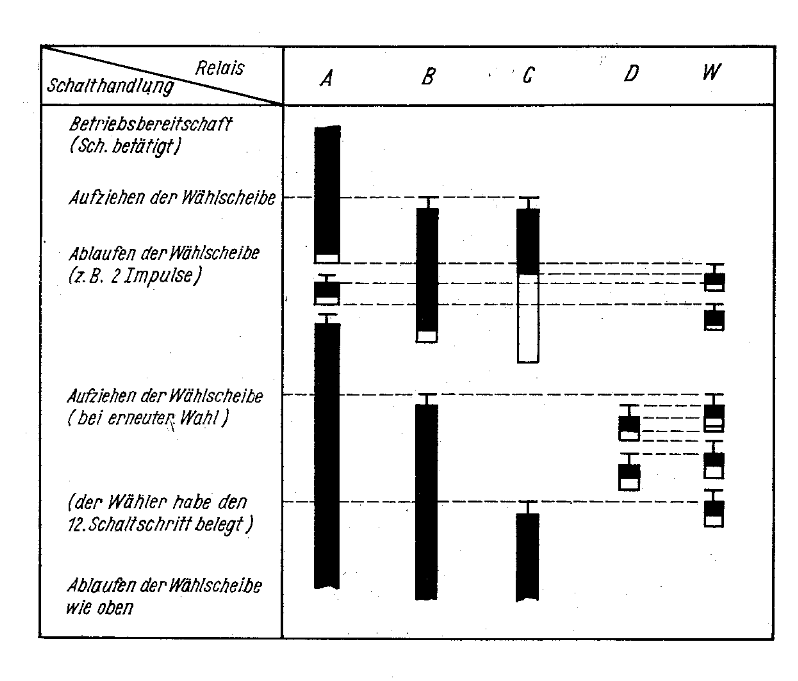


Bild 54d Relaisdiagramm zu Bild 54c

4. Anhang

4.1. Telegrafenrelais

Bedeutung der Kennzahl für Wicklungen
(z. B. Rls 0373.001.51218)

Kennziffer	Wicklungs-nummer	Widerstand	Windungs-zahl	Wicklung Anfang	Wicklung Ende
01	I	120	1 250	1	2
	II	120	1 250	3	4
	III	120	1 250	6	5
	IV	120	1 250	8	7
	V	26	300	9	10
	VI	26	300	11	12
	VII	2 000	5 000	12	13
05	I	9 050	22 000	1	5
	II	9 050	22 000	9	10
12	I	2,2	370	1	2
	II	2,2	370	3	4
14	I	2 550	11 000	1	4
	II	15 500	33 000	5	8
18	I	105	1 000	1	2
	II	105	1 000	3	4
	III	105	1 000	9	10
	IV	105	1 000	11	12
21	I	1 040	6 400	1	5
	II	1 040	6 400	9	10
	III	3 000	8 000	7	8

Kennziffer	Wicklungs-nummer	Widerstand	Windungs-zahl	Wicklung Anfang	Ende
28	I	77	2 500	1	4
	II	1 630	7 000	5	8
29	I	80	600	9	10
	II	8 000	28 000	1	4
			Abgriff bei 10 000 Wdg.		2
57	I	110	1 250	1	2
	II	110	1 250	3	4
	III	110	1 250	6	5
	IV	110	1 250	8	7
	V	1 900	5 000	9	10

4.2. Flachrelais

Technische Daten

max. Spulenbelastung		5 W
max. Spannung der Kontaktfedern gegeneinander		100 V
Kontaktkraft		etwa 20 g
Ansprechzeit	unverzögert	8 bis 25 ms
Abfallzeit	unverzögert	8 bis 25 ms

4.3. Mittleres Rundrelais

Technische Daten

max. Spulenbelastung 3 W

Amperewindungszahlen (mit 20 % Ansprechsicherheit)

Bestückung mit

1 Kontaktsatz	etwa 80 AW
2 Kontaktsätzen	etwa 115 AW
3 Kontaktsätzen	etwa 140 AW
4 Kontaktsätzen	etwa 165 AW
5 Kontaktsätzen	etwa 190 AW
6 Kontaktsätzen	etwa 210 AW

Ansprechzeit	unverzögert	5 bis 25 ms
Abfallzeit	unverzögert	5 bis 25 ms
Kontaktdruck (Ruhekontakt in Ruhestellung)	etwa	19 p
max. Spannung der Kontaktfedern gegeneinander		100 V
Belastbarkeit der Kontakte bei 100 V	etwa	0,6 A
bei 50 V	etwa	1,0 A

Typen der Normalreihe

Betriebs-spannung V	Anzugs-strom mA	Widerstand Ohm	Windungen	Draht	Kontakte
1	75	12	1 500	0,32 CuL	1 u
1	75	12	1 500	0,32 CuL	2 u
1	120	7	1 150	0,37 CuL	3 u
3	21	100	4 300	0,19 CuL	1 u
3	25	100	4 300	0,19 CuL	2 u
3	50	50	3 000	0,22 CuL	3 u
6	10	500	9 000	0,12 CuL	1 u
6	14	400	8 200	0,13 CuL	2 u
6	23	230	6 200	0,15 CuL	3 u
12	6	1 500	14 800	0,09 CuL	1 u
12	10	1 000	12 300	0,10 CuL	2 u
12	10	1 000	12 300	0,10 CuL	3 u
12	22	500	9 000	0,12 CuL	3 u 2 a 1 r
12	27	400	8 200	0,13 CuL	3 u 1 a 2 r
24	2,5	7 500	33 000	0,06 CuL	1 u
24	5	3 500	22 000	0,07 CuL	2 u
24	8,5	2 300	18 000	0,08 CuL	3 u
24	14	1 500	14 800	0,09 CuL	3 u 2 a 1 r
24	14	1 500	14 800	0,09 CuL	3 u 1 a 2 r
60	2	14 000	44 000	0,05 CuL	1 u
60	2,6	14 000	44 000	0,05 CuL	2 u
60	4	12 000	39 000	0,05 CuL	3 u
60	6	7 500	33 000	0,06 CuL	3 u 2 a 1 r
60	6	7 500	33 000	0,06 CuL	3 u 1 a 2 r

Bedeutung der Kontakte: u – Umschaltekontakt
a – Arbeitskontakt
r – Ruhekontakt

4.4. Großbreitenbacher Relais (GBR)

Flachsteckrelais GBR 101 (Stecksockel)

– Verwendung günstig in HF-Kreisen –

Ansprecherregung 80 AW Betriebserregung 160 AW
Ansprechleistung 140 mW Betriebsleistung 450 mW
Ansprechzeit 1 bis 5 ms Abfallzeit 1 bis 3 ms
Schaltspannung (max.) 60 V
Schaltstrom (max.) 0,5 A
Schaltleistung (max.) 15 W
Abmessungen: 10 mm × 30 mm × 20 mm
Bestückung: 2 Umschaltekontakte (Kontaktkapazität ≦ 1 pF)
Typen: (Bezeichnung 0327.001–0001 Bv 0327– ...)

Bv-Nr.	Wdg.	Ohm	U_b/V	AW	I_b/mA	CuL ∅
0327–1	2080	67,5	6	185	89	0,11
0327–2	3700	227	12	195	53	0,08
0327–3	9000	1430	24	162	18	0,05

Kleinstumpfrelais GBR 301

Ansprechleistung 80 mW Betriebsleistung 420 mW
Ansprechzeit 6 bis 9 ms Abfallzeit 2 bis 4 ms
Schaltspannung (max) 100 V
Schaltstrom (max) 1 A
Schaltleistung (max) 30 W
Abmessungen: 30 mm × 19 mm × 29 mm
Bestückung: 2 Umschaltekontakte (Kontaktkapazität ≦ 4 pF)
2 Wicklungen
Typen: (Bezeichnung 0.335.001–00001 Bv 0335– ...)

Bv-Nr.	U_b/V	Wdg.	Ohm	AW	mA	CuL ∅
0335–1	2	967	12,33	156	162	0,22
–2	4	1 730	41,7	166	96	0,16
–3	6	2 420	88,3	165	68	0,13
–4	12	4 840	369	160	33	0,09
–5	24	7 620	959	190	25	0,07
–6	42	14 560	3592	175	12	0,05
–7	60	21 700	8361	150	7	0,04

Kleinstumpfrelais GBR 302

Bestückung: 4 Umschaltekontakte
(Bezeichnung: 0335.001–00002 Bv 0335– ...)
sonst wie GBR 301!

Kleinstumpfrelais GBR 303

Schaltspannung	100 V
Schaltstrom	2 A
Schaltleistung	60 W

(Bezeichnung: 0335.001–00003 Bv 0335– ...)
sonst wie GBR 301!

Kleinrundrelais GBR 401

Ansprechleistung 60 mW Betriebsleistung 1,5 W
Schaltspannung, -strom und -leistung wie GBR 301
Bestückung: 2 Umschalter
Abmessungen: 45 mm × 43 mm × 20 mm
Typen: (Bezeichnung: 0344.004–00001 Bv 0344– ...)

Bv-Nr.	U_b/V	Wdg.	Ohm	AW	I_b/mA	CuL ∅
344–1	2	775	4	364	470	0,36
–2	4	1 390	14	390	280	0,27
–3	6	1 990	31	385	194	0,22
–4	12	3 900	130	360	93	0,15
–5	24	6 750	418	390	58	0,11
–6	42	12 300	1443	360	29	0,08
–7	60	15 700	2405	390	25	0,07
–8	80	20 800	4345	380	18	0,06
–9	110	30 000	9000	365	12	0,05

Kleinrundrelais GBR 402

4 Umschalter (0344.004–00002 Bv 0344– . . .)
sonst wie GBR 401!

Kleinrundrelais GBR 403

6 Umschalter (0344.004–00003 Bv 0344– . . .)
sonst wie GBR 401!

Kleinrundrelais GBR 404

8 Umschalter (0344.004–00004 Bv 0344– . . .)
sonst wie GBR 401!

Kleinrundrelais GBR 405

1 Arbeitskontakt

Schaltspannung	(max.)	100	V
Schaltstrom	(max.)	2	A
Schaltleistung	(max.)	60	W

(0344.004–00005 Bv 0344– . . .)
sonst wie GBR 401!

Kleinrundrelais GBR 406

1 Arbeitskontakt und 1 Umschaltekontakt
(0344.004–00006 Bv 0344– . . .)
sonst wie GBR 405!

Kleinrundrelais GBR 407

1 Arbeitskontakt und 2 Umschaltekontakte
(0344.004–00007 Bv 0344– . . .)
sonst wie GBR 405!

Kleinrundrelais GBR 408

1 Arbeitskontakt und 3 Umschaltekontakte
(0344.004–00008 Bv 0344– . . .)
sonst wie GBR 405!

Steckrelais GBR 701

Ansprechleistung	0,4 W	Betriebsleistung	1,1 W
Ansprechzeit	20 ms	Abfallzeit	3 bis 7 ms
Schaltspannung (max.)	380 V		
Schaltstrom (max.)	2 A		
Schaltleistung (max.)	60 W		

Bestückung: 4 Umschaltekontakte

Typen: (Bezeichnung 0346.003–00001 Bv 0346– . . .)

Bv-Nr.	U_b/V	Wdg.	AW	I_b/mA	CuL ⌀
0346.3–1	2	520	290	555	0,40
–2	4	1 090	260	242	0,27
–3	6	1 560	260	167	0,22
–4	12	2 750	280	102	0,16
–5	24	5 300	245	46	0,11
–6	42	7 800	280	36	0,09
–7	60	12 300	240	20	0,07
–8	80	16 300	240	15	0,06
–9	110	23 500	235	10	0,05

4.5. Transistorisiertes Mikrorelais TMR

(VEB Keramische Werke Hermsdorf)

Technische Daten

Betriebsspannung 12 V

Steuerspannung:

TMR 1.001	– 1 V	TMR 6.002	– 6 V

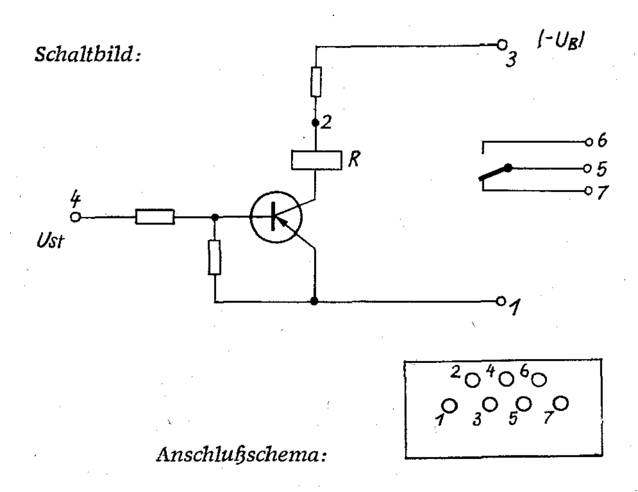
Steuerleistung:

TMR 1.001	1 mW	TMR 6.002	5 mW

max. Schaltspannung 250 V≅

max. Schaltleistung	20 W	bei Ohmscher Last
	9 W	bei induktiver Last
max. Schaltstrom	1 A	
Gewicht	20 p	

Abmessungen: 30 mm × 27 mm × 16 mm



4.6. Kleinrelais ST 10

max. Schaltleistung	50 W
Ansprecherregung	100 bis 160 AW
Ansprechzeit	6 bis 15 ms

Typen der Normalreihe:

U_b/V	I_b/mA	Ohm	Windungen	CuL ⌀
		ST 10 a (Standardausführung)		
2	45	28	1 500	0,18
6	40	120	2 450	0,12
10	25	340	5 000	0,10
12	26	700	6 400	0,08
24	14	1400	9 950	0,07
27	10	2000	11 200	0,06
40	6	2350	12 000	0,06
		ST 10 b (kapazitätsarm)		
1,5	50	28	1 500	0,18
6	15	340	5 000	0,10
24	10	2000	11 200	0,06
27	4	2350	12 000	0,06

5. Literaturhinweise

Blatzheim, H.: Fachkunde für Fernmeldetechnik, Teil 2 Teubner, Verlagsgesellschaft Leipzig 1953.

Dabruck, F. W.: Pausenzeichengeber – selbstgebaut. In: „radio und fernsehen", 5 (1962).

Fischer, H.-J.: Transistortechnik für den Funkamateur. Verlag Sport und Technik (1962).

Jakubaschk, H.: Modellsteuerung – Fern- und Selbstlenkverfahren. Reihe „Der praktische Funkamateur", Heft 52 (in Vorbereitung).

Jakubaschk, H.: Das Elektronikbastelbuch (in Vorbereitung) Deutscher Militärverlag

Kurz, G.: RH 100 als Relais zur Umschaltung mehrerer Antennen. In: „funkamateur", 9 (1962).

Petzold, H.: Das Fernmelderelais und seine Schaltungen. Geest & Portig K.-G. (1952).

Lehrbriefe für Post- und Fernmeldewesen Fachbuchverlag (1953).



DEUTSCHER MILITÄRVERLAG